GOVERNO DO ESTADO DE GOIÁS

AGÊNCIA GOIANA DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES - GOINFRA
GERÊNCIA DE PROJETOS E OBRAS RODOVIÁRIAS

PROJETO DE RESTAURAÇÃO

Rodovia : GO-330
Trecho : GO-020 (Próx. Roncador) – Ipameri
Extensão : 40,00 km
Cód. S.R.E.: 330EGO0130, 330EGO0125, 307EGO0090 e 213EGO0070
Lote : 1

VOLUME 1 – RELATÓRIO DO PROJETO
TOMO IV

ETAPA 4 – PROJETO EXECUTIVO E PLANEJAMENTO DA OBRA

NOVEMBRO/2025

GOVERNO DO ESTADO DE GOIÁS
AGÊNCIA GOIANA DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES - GOINFRA
GERÊNCIA DE PROJETOS E OBRAS RODOVIÁRIAS

PROJETO DE RESTAURAÇÃO

Rodovia : GO-330
Trecho : GO-020 (Próx. Roncador) – Ipameri
Extensão : 40,00 km
Cód. S.R.E.: 330EGO0130, 330EGO0125, 307EGO0090 e 213EGO0070
Lote : 1

Supervisão : Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes - GOINFRA
Elaboração : Strata Engenharia Ltda.
Contrato N° : 094/2023/GOINFRA
Processo : 202300036001784
Edital : Pregão Eletrônico nº 027/2023 - GOINFRA

VOLUME 1 – RELATÓRIO DO PROJETO
TOMO IV

ETAPA 4 – PROJETO EXECUTIVO E PLANEJAMENTO DA OBRA

NOVEMBRO/2025

SUMÁRIO

TOMO I

1 – APRESENTAÇÃO 1

2 – MAPA DE SITUAÇÃO.....3

3 – ESTUDOS.....5
3.1 – Levantamento de Dados Históricos do Pavimento Existente 6
3.2 – Estudos de Tráfego.....23
3.3 – Estudos Topográficos.....96

TOMO II

3.3 – Estudos Topográficos(Continuação).....402

TOMO III

3.4 – Estudos Hidrológicos 811
3.5 – Estudos Geológicos.....1013
3.6 – Estudos Geotécnicos 1086
3.7 – Estudos de Travessias Urbanas 1132

TOMO IV

4 – PROJETOS.....1293

4.1 – Projeto de Drenagem.....1294
4.2 – Projeto de Restauração do Pavimento.....1336
4.3 – Projeto de Sinalização 1712
4.4 – Projeto de Obras Complementares.....1726
4.5 – Projeto de Canteiro de Obras 1729

5 - QUANTITATIVOS 1732
5.1 – Quadro de Quantidades.....1733
5.2 – Memória de Cálculo - Pavimentação 1746
5.3 – Quadro DMT.....1753
5.4 – Quadro Consumo 1755
5.5 – Linear de Ocorrências 1757

6 – DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE.....1759

7 – ART.....1772

8 – TERMO DE ENCERRAMENTO.....1787

1 – APRESENTAÇÃO

A Strata Engenharia Ltda. apresenta à Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes - GOINFRA, o presente **Volume 1 – Relatório do Projeto**, componente da **Etapa 4 – Projeto Executivo e Planejamento da Obra**, parte integrante do Projeto de Restauração da rodovia: GO-330, trecho: GO-020 (Próx. Roncador) – Ipameri. O presente relatório está sendo apresentado de acordo com Termo de Referência do Pregão Eletrônico Nº 027/2023.

Dados da Rodovia

- Rodovia: GO-330
- Trecho: GO-020 (Próx. Roncador) – Ipameri
- Extensão: 40,00 km

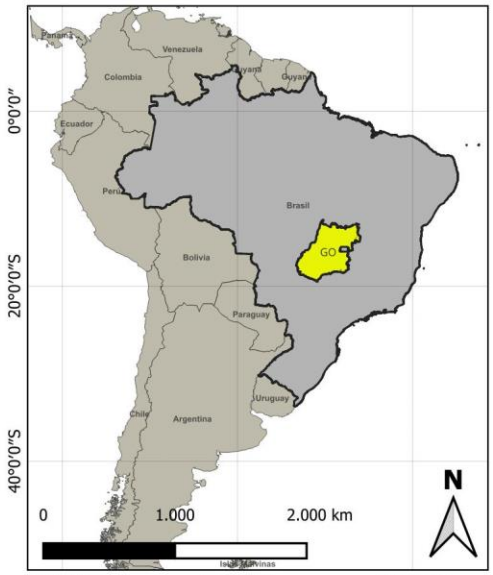
Dados Contratuais

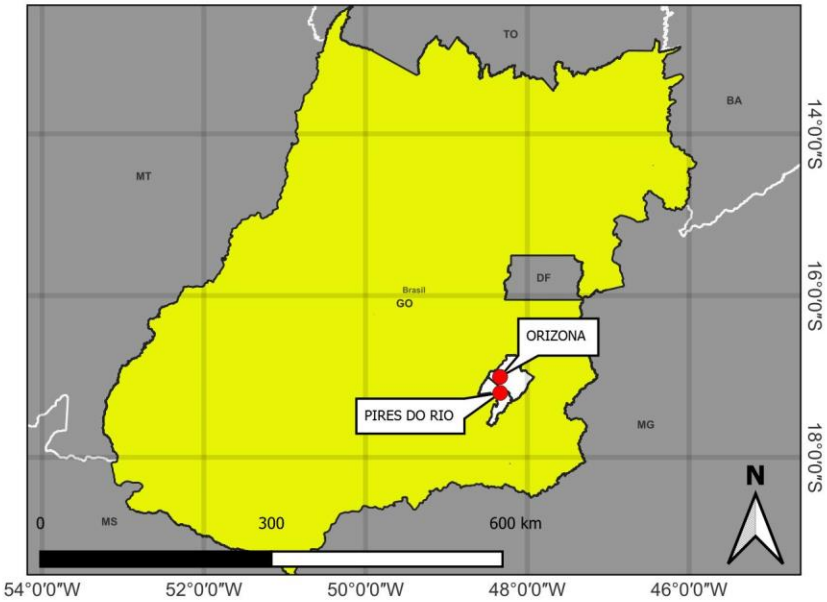
- Supervisão e Fiscalização: GOINFRA
- Elaboração: Strata Engenharia Ltda.
- Processo nº: 202300036001784
- Contrato: 094/2023
- Data da Assinatura do Contrato: 08/11/2023
- Data da Ordem de Serviço: 08/01/2024
- Data da Ordem de Reinício: 23/10/2024

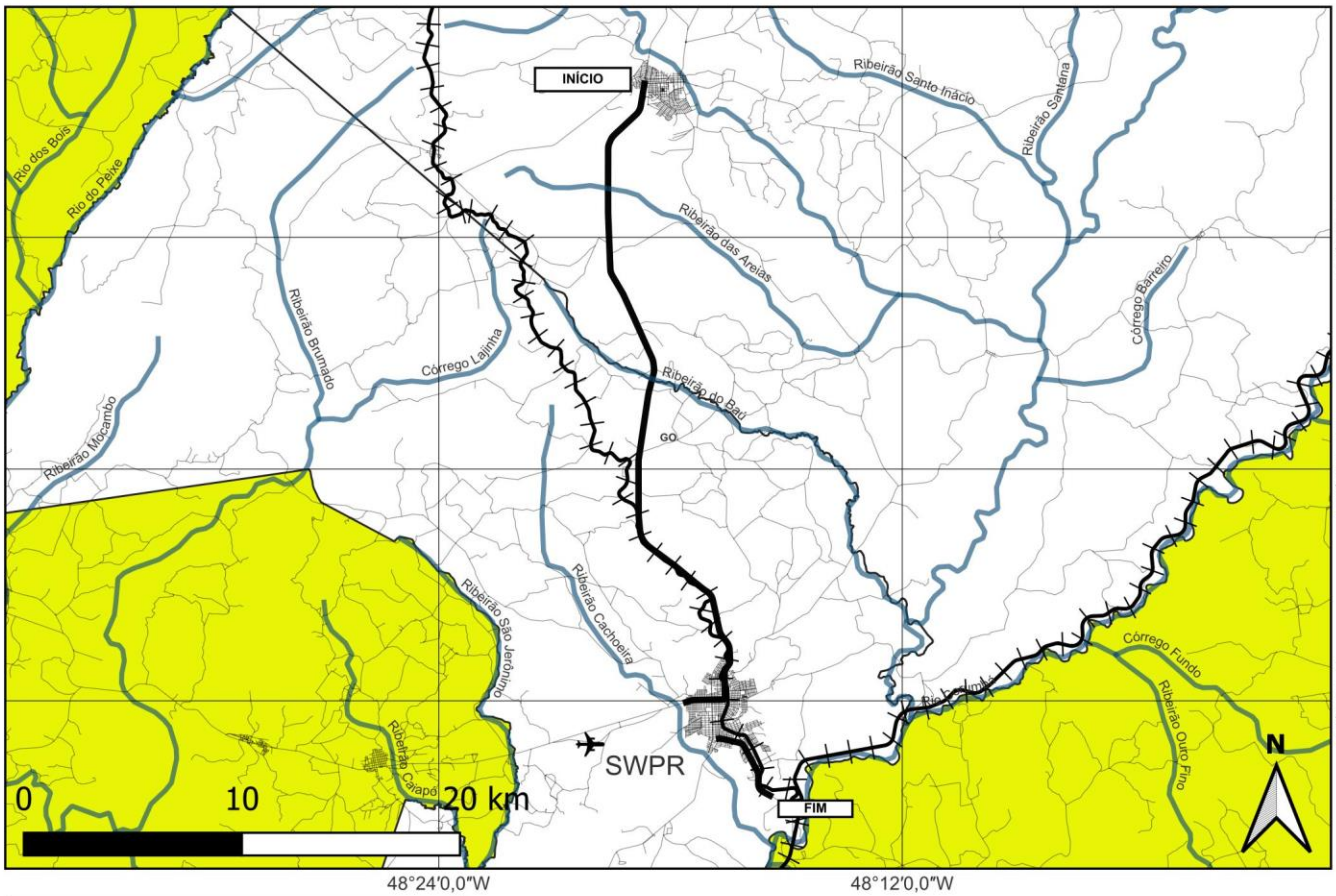
Paulo Romeu Assunção Gontijo
Coordenador

2 – MAPA DE SITUAÇÃO

MAPA DE SITUAÇÃO - GO-330







LEGENDA:

- Área de Interesse
- Municípios de Interesse
- Divisa de Municipio
- Trecho de estudo
- Ruas e avenidas
- Bacias Hidrográficas
- Ferrovias
- Aeroporto - Pires do Rio

GO INFRA

strata ENGENHARIA

Universal Transversa de Mercator (Fuso 22S)
Datum: SIRGAS 2000
FONTE: IBGE
Elaboração: Leonardo Ramalho

4 – PROJETOS

4.1 – PROJETO DE DRENAGEM

4.1.1 - Introdução

O Projeto de drenagem da rodovia GO-330, GO-020 (Próx. Roncador) - Ipameri tem como finalidade definir e dimensionar os dispositivos necessários para captar e conduzir de forma eficiente às águas superficiais e subterrâneas. O objetivo principal é garantir a preservação da estrutura da via e permitir sua operação regular, mesmo durante períodos de precipitações mais intensas.

O projeto foi desenvolvido a partir de levantamentos realizados pelas equipes de campo, inspeções técnicas conduzidas por especialistas em hidrologia e drenagem, além das diretrizes estabelecidas no estudo hidrológico previamente aprovado na etapa 1 – Estudos Iniciais. O principal objetivo foi analisar as condições estruturais e o estado de conservação dos dispositivos de drenagem existentes, bem como planejar a instalação de novos dispositivos, conforme necessário, para garantir a eficiência e funcionalidade do sistema de drenagem.

A elaboração do projeto seguiu as diretrizes estabelecidas no Manual de Drenagem de Rodovias – 2ª Edição, 2006, do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). As soluções técnicas adotadas estão em conformidade com a Instrução de Projeto Rodoviário IP-13 da GOINFRA – Projeto de Drenagem. Adicionalmente, para a definição dos dispositivos, foi utilizada a Emenda 3 do "Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem do DNIT", 5ª Edição, 2018, garantindo que as soluções propostas atendam aos padrões técnicos e às especificidades do trecho rodoviário.

Para termos de apresentação dos trabalhos o projeto foi organizado nos seguintes itens:

- Obras de drenagem superficial;
- Obras-de-arte correntes;
- Obras-de-arte especiais.

4.1.2 – Obras de drenagem superficial

O objetivo da drenagem superficial em uma rodovia é captar e direcionar, de forma segura as águas provenientes das áreas adjacentes, bem como aquelas que incidem diretamente sobre a via. Esse sistema desempenha um papel fundamental na prevenção da estabilidade da estrutura rodoviária, prevenindo erosões, infiltrações excessivas e deterioração precoce do pavimento, além de contribuir para a segurança do tráfego ao evitar o acúmulo de água sobre a pista, que pode ocasionar aquaplanagem e reduzir a aderência dos pneus dos veículos.

Para assegurar a eficiência de um sistema de drenagem superficial, são empregados diversos tipos de dispositivos projetados para desempenhar funções especificas, dependendo das características da rodovia, do clima e do terreno local. Dentre os mais comuns e amplamente utilizados destacam-se:

a) Meio-fio:

O meio fio de concreto desempenha um papel fundamental na drenagem e conservação das rodovias. Sua principal função é direcionar as águas pluviais provenientes da plataforma rodoviária para pontos de desague apropriados, evitando assim problemas como erosão da superfície da rodovia e dos taludes de aterro. Pra garantir seu desempenho adequado, a instalação do meio-fio deve observar critérios técnicos específicos, como a inclinação da rampa e a altura de aterro, que são fatores determinantes para assegurar o escoamento eficiente das águas. Além disto, o meio-fio contribui para a preservação estrutural da rodovia, conduzindo o fluxo das águas e reduzindo os impactos causados pela ação erosiva das chuvas. Desta forma, ele se apresenta como um elemento essencial para manter a segurança e a durabilidade da infraestrutura rodoviária.

b) Sarjeta triangular de concreto:

A sarjeta triangular de concreto é um dispositivo de drenagem superficial utilizado para captar e conduzir as águas pluviais que incidem sobre a pista de rolamento e os taludes de corte, direcionando-as para locais de desague apropriados. Sua implementação é fundamental para evitar o acúmulo de água na via, prevenindo danos estruturais e garantido a segurança dos usuários. De acordo com a Agência Goiana de Infraestrutura e Transporte (GOINFRA), existem diferentes tipos de sarjeta triangulares de concreto, cada uma com especificações próprias para atender às diversas necessidades de drenagem em projetos rodoviários.

c) Sarjeta trapezoidal de concreto:

A sarjeta trapezoidal de concreto é um dispositivo de drenagem usado para captar e conduzir águas pluviais em rodovias e áreas urbanas. Sua forma em trapézio permite lidar com grandes volumes de água, prevenindo erosão, infiltração e danos à pavimentação. Pode ser pré-moldada ou moldada in loco, com dimensões adaptadas ao projeto. É essencial para garantir segurança e eficiência no escoamento das águas.

d) Entrada para descida d'água:

A entrada para descida de água é um dispositivo de drenagem superficial destinado a captar e conduzir de maneira segura o fluxo de água da pista de rolamento e dos taludes para o terreno natural ou para descidas d'água específica. Sua função principal é evitar o acúmulo de água na via, prevenindo erosões e garantindo a integridade estrutural da rodovia. A correta implementação do dispositivo avaliza a dissipação de velocidades, garantindo que o escoamento das águas ocorra de forma controlada e eficiente.

e) Descida d'água em aterro:

As descidas d'água em aterros são dispositivos projetados para conduzir as águas provenientes das sarjetas ou valetas de drenagem em aterros. Esses dispositivos são utilizados principalmente quando o comprimento crítico da sarjeta é atingido ou em pontos baixos das curvas verticais côncavas, garantindo que a água seja direcionada de forma segura para o terreno natural, minimizando riscos de erosão e instabilidade do aterro.

f) Dissipadores de energia:

Dissipadores são dispositivos de drenagem projetados para reduzir a energia cinética do fluxo d'água, diminuindo suas velocidades e prevenindo erosões nas áreas de desague, como saídas de bueiros, descida de água e valetas de proteção. Eles podem ser do tipo localizado e contínuo. O localizado é posicionado em pontos específicos e diminui rapidamente a velocidade do fluxo hídrico e o contínuo diminui a velocidade do escoamento gradualmente ocupando trechos mais extensos da rodovia.

4.1.2.1 – Cadastro das obras de drenagem superficial

Os dispositivos de drenagem superficial, tanto transversais quanto longitudinais, existentes no trecho, como meio-fio, sarjetas, transposição de segmento de sarjeta, entradas e descidas d'água, foram devidamente cadastrados. Durante o processo, suas localizações foram registradas por estaqueamento, além de características específicas, como tipo, dimensões, extensão, e eventuais necessidades de demolição e reconstrução. Entretanto, os dispositivos que se encontram em boas condições estruturais e operacionais serão mantidos, sendo submetidos apenas a serviços de limpeza, quando necessário, e caiação.

Essas intervenções visam, principalmente, assegurar a manutenção e preservação dos sistemas de drenagem já existentes, além de garantir a adequação hidráulica do trecho e a funcionalidade dos dispositivos projetados.

A seguir, são apresentadas as planilhas de cadastro com as informações detalhadas dos dispositivos registrados.

| QUADRO DE DADOS DE ENTRADA | | |

MEIO-FIO EXISTENTE								
ESTACAS		LADO	TIPO	EXTENSÃO (m)	ESTADO DE CONSERVAÇÃO	DEMOLIÇÃO DE CONCRETO ARMADO (m³)	OBSERVAÇÃO
Início	Fim						
1455 + 1,00	1455 + 6,00	LD	MFC-05	18,00	Ruim	0,60	Demolir existente e Construir Projetado.
1455 + 7,00	1462 + 9,00	LE	MFC-05	202,00	Ruim	6,75	Demolir existente e Construir Projetado.
1504 + 6,00	1506 + 18,00	LE	MFC-03	52,00	Ruim	2,18	Demolir existente e Construir Projetado.
1504 + 15,00	1506 + 6,00	LD	MFC-03	31,00	Ruim	1,30	Demolir existente e Construir Projetado.
1506 + 8,00	1507 + 11,00	LD	MFC-03	23,00	Ruim	0,97	Demolir existente e Construir Projetado.
1506 + 19,00	1508 + 6,00	LE	MFC-03	27,00	Ruim	1,13	Demolir existente e Construir Projetado.
1508 + 8,00	1509 + 16,00	LE	MFC-03	29,00	Ruim	1,22	Demolir existente e Construir Projetado.
1553 + 2,00	1556 + 15,00	LD	MFC-03	73,00	Ruim	3,07	Demolir existente e Construir Projetado.
1567 + 4,00	1576 + 3,00	LD	MFC-03	179,00	Ruim	7,52	Demolir existente e Construir Projetado.
1568 + 11,00	1572 + 0,00	LE	MFC-03	71,00	Ruim	2,98	Demolir existente e Construir Projetado.
1572 + 1,00	1573 + 19,00	LE	MFC-03	38,00	Ruim	1,60	Demolir existente e Construir Projetado.
1584 + 0,00	1586 + 13,00	LE	MFC-03	52,00	Ruim	2,18	Demolir existente e Construir Projetado.
1586 + 14,00	1590 + 9,00	LE	MFC-03	75,00	Ruim	3,15	Demolir existente e Construir Projetado.
1590 + 12,00	1599 + 7,00	LE	MFC-03	175,00	Ruim	7,35	Demolir existente e Construir Projetado.
1599 + 10,00	1601 + 5,00	LE	MFC-03	35,00	Ruim	1,47	Demolir existente e Construir Projetado.
1601 + 8,00	1605 + 12,00	LE	MFC-03	84,00	Ruim	3,53	Demolir existente e Construir Projetado.
1603 + 0,00	1605 + 12,00	LD	MFC-03	52,00	Ruim	2,18	Demolir existente e Construir Projetado.
1605 + 19,00	1608 + 9,00	LD	MFC-03	50,00	Ruim	2,10	Demolir existente e Construir Projetado.
1605 + 19,00	1609 + 1,00	LE	MFC-03	63,00	Ruim	2,65	Demolir existente e Construir Projetado.
1609 + 3,00	1612 + 1,00	LE	MFC-03	57,00	Ruim	2,39	Demolir existente e Construir Projetado.
1612 + 3,00	1621 + 11,00	LE	MFC-03	187,00	Ruim	7,85	Demolir existente e Construir Projetado.
1612 + 18,00	1617 + 18,00	LD	MFC-03	101,00	Ruim	4,24	Demolir existente e Construir Projetado.
1621 + 19,00	1624 + 2,00	LD	MFC-03	43,00	Ruim	1,81	Demolir existente e Construir Projetado.
1621 + 13,00	1625 + 5,00	LE	MFC-03	72,00	Ruim	3,02	Demolir existente e Construir Projetado.
1625 + 8,00	1627 + 8,00	LE	MFC-03	40,00	Ruim	1,68	Demolir existente e Construir Projetado.
1641 + 2,00	1642 + 10,00	LD	MFC-03	28,00	Ruim	1,18	Demolir existente e Construir Projetado.
1642 + 17,00	1646 + 3,00	LE	MFC-03	66,00	Ruim	2,77	Demolir existente e Construir Projetado.
1682 + 4,00	1685 + 11,00	LD	MFC-03	67,00	Ruim	2,81	Demolir existente e Construir Projetado.
1685 + 18,00	1692 + 9,00	LD	MFC-03	131,00	Ruim	5,50	Demolir existente e Construir Projetado.
1725 + 18,00	1736 + 5,00	LD	MFC-03	187,00	Ruim	7,85	Demolir existente e Construir Projetado.
1726 + 16,00	1734 + 7,00	LE	MFC-03	151,00	Ruim	6,34	Demolir existente e Construir Projetado.
1766 + 9,00	1771 + 11,00	LD	MFC-03	102,00	Ruim	4,28	Demolir existente e Construir Projetado.
1768 + 19,00	1772 + 0,00	LE	MFC-03	61,00	Ruim	2,56	Demolir existente e Construir Projetado.
1771 + 17,00	1772 + 17,00	LD	MFC-03	21,00	Ruim	0,88	Demolir existente e Construir Projetado.
1772 + 6,00	1772 + 14,00	LE	MFC-03	7,00	Ruim	0,29	Demolir existente e Construir Projetado.
1871 + 3,00	1872 + 8,00	LD	MFC-03	25,00	Ruim	1,05	Demolir existente e Construir Projetado.
1902 + 11,00	1910 + 9,00	LE	MFC-03	157,00	Ruim	6,59	Demolir existente e Construir Projetado.
1917 + 15,00	1921 + 7,00	LD	MFC-03	72,00	Ruim	3,02	Demolir existente e Construir Projetado.
1918 + 18,00	1923 + 17,00	LE	MFC-03	99,00	Ruim	4,16	Demolir existente e Construir Projetado.
1921 + 10,00	1923 + 5,00	LD	MFC-03	35,00	Ruim	1,47	Demolir existente e Construir Projetado.
1924 + 1,00	1936 + 9,00	LE	MFC-03	248,00	Ruim	10,42	Demolir existente e Construir Projetado.
1925 + 2,00	1941 + 3,00	LD	MFC-03	320,00	Ruim	13,44	Demolir existente e Construir Projetado.
1964 + 19,00	1990 + 9,00	LE	MFC-03	513,00	Ruim	21,55	Demolir existente e Construir Projetado.
1966 + 7,00	1987 + 17,00	LD	MFC-03	430,00	Ruim	18,06	Demolir existente e Construir Projetado.
1987 + 19,00	1988 + 18,00	LD	MFC-03	19,00	Ruim	0,80	Demolir existente e Construir Projetado.
1989 + 1,00	1990 + 12,00	LD	MFC-03	32,00	Ruim	1,34	Demolir existente e Construir Projetado.
1992 + 18,00	1999 + 11,00	LD	MFC-05	238,00	Ruim	7,95	Demolir existente e Construir Projetado.
1996 + 18,00	1998 + 15,00	LE	MFC-05	37,00	Ruim	1,24	Demolir existente e Construir Projetado.
TOTAL			**MFC-03**	**6945,00 m**		**291,69 m³**	**Nos locais onde se indica a demolição do dispositivo existente e a construção do projetado, o valor relativo à caiação está sendo apresentado na aba de projetado.**
			MFC-05	**3231,00 m**		**107,92 m³**	

Obs.: Todas as taxas de concreto utilizadas no cálculo da demolição dos dispositivos a serem demolidos e substituídos foram extraídas do Relatório de Composição do Serviço da GOINFRA ou do Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem do DNIT.

QUADRO DE DADOS DE ENTRADA

MEIO-FIO PROJETADO

ESTACAS		LADO	TIPO	EXTENSÃO (m)	CAIAÇÃO (m²)
Início	Fim				
GO-330, GO-020 (Próx. Roncador) - Ipameri					
0 + 0,00	2 + 6,00	LD	MFC-05	46,00	10,63
2 + 8,00	5 + 14,00	LD	MFC-05	66,00	15,25
5 + 15,00	6 + 1,00	LD	MFC-05	6,00	1,39
21 + 3,00	21 + 14,00	LD	MFC-05	29,00	6,70
22 + 7,00	26 + 15,00	LD	MFC-05	179,00	41,35
23 + 7,00	25 + 6,00	LE	MFC-05	40,00	9,24
25 + 8,00	28 + 5,00	LE	MFC-05	58,00	13,40
27 + 9,00	27 + 16,00	LD	MFC-05	16,00	3,70
28 + 7,00	31 + 5,00	LE	MFC-05	59,00	13,63
50 + 12,00	56 + 5,00	LD	MFC-05	122,00	28,18
53 + 11,00	54 + 6,00	LD	MFC-05	36,00	8,32
54 + 16,00	56 + 5,00	LD	MFC-05	73,00	16,86
56 + 9,00	60 + 10,00	LD	MFC-05	92,00	21,25
56 + 14,00	57 + 9,00	LD	MFC-05	38,00	8,78
212 + 13,00	216 + 4,00	LD	MFC-01	72,00	21,41
224 + 14,00	228 + 14,00	LE	MFC-01	80,00	23,79
225 + 3,00	228 + 18,00	LD	MFC-01	75,00	22,30
228 + 16,00	234 + 2,00	LE	MFC-01	80,00	23,79
229 + 0,00	234 + 2,00	LD	MFC-01	76,00	22,60
233 + 2,00	235 + 9,00	LD	MFC-01	47,00	13,98
233 + 2,00	235 + 9,00	LE	MFC-01	47,00	13,98
279 + 13,00	282 + 18,00	LE	MFC-01	65,00	19,33
283 + 3,00	286 + 9,00	LE	MFC-01	62,00	18,44
286 + 11,00	295 + 5,00	LE	MFC-01	175,00	52,04
514 + 10,00	515 + 10,00	LD	MFC-01	20,00	5,95
514 + 10,00	515 + 10,00	LE	MFC-01	20,00	5,95
515 + 16,00	516 + 16,00	LD	MFC-01	20,00	5,95
515 + 16,00	516 + 16,00	LE	MFC-01	20,00	5,95
678 + 15,00	679 + 15,00	LD	MFC-05	20,00	4,62
700 + 13,00	701 + 12,00	LE	MFC-03	25,00	5,98
700 + 13,00	701 + 12,00	LD	MFC-03	25,00	5,98
702 + 0,00	704 + 6,00	LD	MFC-03	46,00	10,99
702 + 0,00	704 + 6,00	LE	MFC-03	46,00	10,99
720 + 12,00	733 + 11,00	LE	MFC-01	257,00	76,42
733 + 12,00	738 + 12,00	LE	MFC-01	100,00	29,74
738 + 14,00	743 + 5,00	LE	MFC-01	90,00	26,76
743 + 7,00	746 + 17,00	LE	MFC-01	70,00	20,81
747 + 0,00	749 + 15,00	LE	MFC-01	55,00	16,35
749 + 18,00	752 + 12,00	LE	MFC-01	53,00	15,76
752 + 15,00	754 + 13,00	LE	MFC-01	38,00	11,30
842 + 18,00	850 + 16,00	LE	MFC-01	158,00	46,98
842 + 18,00	850 + 16,00	LD	MFC-01	158,00	46,98
850 + 18,00	855 + 7,00	LD	MFC-01	89,00	26,46
850 + 18,00	855 + 13,00	LE	MFC-01	95,00	28,25
1299 + 5,00	1302 + 18,00	LD	MFC-01	73,00	21,71
1303 + 0,00	1304 + 14,00	LD	MFC-01	34,00	10,11
1304 + 4,00	1306 + 12,00	LE	MFC-01	49,00	14,57
1356 + 4,00	1358 + 0,00	LE	MFC-01	36,00	10,70
1364 + 12,00	1373 + 12,00	LD	MFC-01	180,00	53,52
1373 + 15,00	1379 + 3,00	LD	MFC-01	109,00	32,41

MEIO-FIO PROJETADO												
ESTACAS						LADO	TIPO	EXTENSÃO (m)	CAIAÇÃO (m²)
Início			Fim						
1371	+	12,00	1374	+	0,00	LE	MFC-01	48,00	14,27
1374	+	2,00	1378	+	5,00	LE	MFC-01	116,00	34,49
1387	+	11,00	1388	+	5,00	LE	MFC-05	75,00	17,33
1388	+	6,00	1390	+	12,00	LE	MFC-05	101,00	23,33
1391	+	2,00	1391	+	17,00	LD	MFC-05	15,00	3,47
1391	+	2,00	1393	+	10,00	LE	MFC-05	110,00	25,41
1393	+	17,00	1396	+	4,00	LD	MFC-05	102,00	23,56
1393	+	17,00	1396	+	4,00	LE	MFC-05	102,00	23,56
1394	+	11,00	1395	+	4,00	LD	MFC-05	45,00	10,40
1394	+	11,00	1395	+	4,00	LE	MFC-05	45,00	10,40
1395	+	2,00	1398	+	6,00	LD	MFC-05	108,00	24,95
1396	+	0,00	1403	+	13,00	LE	MFC-05	190,00	43,89
1406	+	7,00	1407	+	6,00	LE	MFC-05	104,00	24,02
1425	+	12,00	1429	+	13,00	LD	MFC-01	82,00	24,38
1426	+	7,00	1429	+	12,00	LE	MFC-01	64,00	19,03
1429	+	18,00	1433	+	3,00	LE	MFC-01	75,00	22,30
1429	+	18,00	1432	+	2,00	LD	MFC-01	44,00	13,08
1433	+	16,00	1443	+	5,00	LE	MFC-01	191,00	56,79
1445	+	4,00	1455	+	7,00	LE	MFC-05	246,00	56,83
1451	+	19,00	1452	+	6,00	LD	MFC-05	18,00	4,16
1451	+	19,00	1452	+	6,00	LE	MFC-05	20,00	4,62
1452	+	8,00	1463	+	7,00	LD	MFC-05	231,00	53,36
1452	+	11,00	1454	+	15,00	LD	MFC-05	105,00	24,26
1452	+	11,00	1454	+	15,00	LE	MFC-05	101,00	23,33
1454	+	8,00	1454	+	15,00	LE	MFC-05	20,00	4,62
1454	+	19,00	1455	+	0,00	LE	MFC-05	96,00	22,18
1455	+	1,00	1455	+	6,00	LE	MFC-05	22,00	5,08
1455	+	1,00	1455	+	6,00	LD	MFC-05	18,00	4,16
1455	+	7,00	1462	+	9,00	LE	MFC-05	202,00	46,66
1504	+	6,00	1507	+	10,00	LE	MFC-01	64,00	19,03
1504	+	15,00	1507	+	10,00	LD	MFC-01	55,00	16,35
1507	+	16,00	1509	+	16,00	LE	MFC-01	40,00	11,89
1553	+	2,00	1554	+	17,00	LD	MFC-03	35,00	8,37
1555	+	0,00	1556	+	15,00	LD	MFC-03	35,00	8,37
1567	+	4,00	1576	+	3,00	LD	MFC-01	179,00	53,23
1568	+	11,00	1572	+	0,00	LE	MFC-01	71,00	21,11
1572	+	1,00	1573	+	19,00	LE	MFC-01	38,00	11,30
1584	+	0,00	1586	+	13,00	LE	MFC-01	52,00	15,46
1586	+	14,00	1590	+	9,00	LE	MFC-01	75,00	22,30
1590	+	12,00	1599	+	7,00	LE	MFC-01	175,00	52,04
1599	+	10,00	1601	+	5,00	LE	MFC-01	35,00	10,41
1601	+	8,00	1605	+	12,00	LE	MFC-01	84,00	24,98
1603	+	0,00	1605	+	12,00	LD	MFC-01	52,00	15,46
1605	+	19,00	1608	+	9,00	LD	MFC-01	50,00	14,87
1605	+	19,00	1609	+	1,00	LE	MFC-01	63,00	18,73
1609	+	3,00	1612	+	1,00	LE	MFC-01	57,00	16,95
1612	+	3,00	1621	+	11,00	LE	MFC-01	187,00	55,60
1612	+	18,00	1617	+	18,00	LD	MFC-01	101,00	30,03
1621	+	19,00	1624	+	2,00	LD	MFC-01	43,00	12,79
1621	+	13,00	1625	+	5,00	LE	MFC-01	72,00	21,41
1625	+	8,00	1627	+	8,00	LE	MFC-01	40,00	11,89
1682	+	4,00	1686	+	18,00	LD	MFC-01	94,00	27,95
1689	+	16,00	1692	+	9,00	LD	MFC-01	53,00	15,76

MEIO-FIO PROJETADO						
ESTACAS				LADO	TIPO	EXTENSÃO (m)	CAIAÇÃO (m²)
Início		Fim					
1725 + 18,00		1731 + 12,00		LD	MFC-01	114,00	33,90
1726 + 16,00		1731 + 12,00		LE	MFC-01	96,00	28,55
1917 + 15,00		1921 + 7,00		LD	MFC-01	72,00	21,41
1918 + 18,00		1923 + 13,00		LE	MFC-01	95,00	28,25
1923 + 16,00		1928 + 16,00		LE	MFC-01	100,00	29,74
1925 + 2,00		1932 + 12,00		LD	MFC-01	150,00	44,60
1928 + 19,00		1936 + 9,00		LE	MFC-01	150,00	44,60
1932 + 15,00		1941 + 3,00		LD	MFC-01	167,00	49,66
1964 + 19,00		1974 + 19,00		LE	MFC-01	200,00	59,47
1966 + 7,00		1977 + 7,00		LD	MFC-01	220,00	65,42
1975 + 2,00		1982 + 17,00		LE	MFC-01	155,00	46,09
1977 + 10,00		1987 + 17,00		LD	MFC-01	207,00	61,55
1983 + 0,00		1990 + 9,00		LE	MFC-01	150,00	44,60
1987 + 19,00		1990 + 9,00		LD	MFC-01	50,00	14,87
1992 + 18,00		1999 + 11,00		LD	MFC-05	238,00	54,98
1996 + 18,00		1998 + 15,00		LE	MFC-05	37,00	8,55
TOTAL					**MFC-01**	**6729,00 m**	**2000,87 m²**
					MFC-03	**212,00 m**	**50,67 m²**
					MFC-05	**3231,00 m**	**746,36 m²**

QUADRO DE DADOS DE ENTRADA

ENTRADAS E DESCIDAS D'ÁGUA EXISTENTE

ESTACA	LADO	ENTRADA D'ÁGUA	DESCIDA D'ÁGUA			DISSIPADOR DE ENERGIA	ESTADO DE CONSERVAÇÃO	DEMOLIÇÃO DE CONCRETO ARMADO ENTRADA D'ÁGUA (m³)	DEMOLIÇÃO DE CONCRETO ARMADO DAR 60-30 (m³)	DEMOLIÇÃO DE CONCRETO ARMADO DAD 60-36 (m³)	OBSERVAÇÃO
			DAR 60-30 (Lisa)	DAR-03 (Lisa)	DAD 60-36 (Degrau)						
GO-330, GO-020 (Próx. Roncador) - Ipameri											
2 + 7,00	LD	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente e construir projetado
5 + 15,00	LD	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente e construir projetado
25 + 7,00	LE	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente e construir projetado
28 + 6,00	LE	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente e construir projetado
269 + 4,00	LD	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente e construir projetado
286 + 10,00	LE	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente e construir projetado
701 + 19,00	LD	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente
723 + 4,00	LE	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente
725 + 14,00	LE	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente
728 + 0,00	LE	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente
730 + 18,00	LE	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente
733 + 11,00	LE	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente e construir projetado
745 + 10,00	LE	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente
1299 + 1,00	LD	EDA-02	-	-	-	-	Ruim	0,14	-	-	Demolir existente e construir projetado
1302 + 18,00	LD	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente e construir projetado
1364 + 10,00	LD	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente e construir projetado
1374 + 1,00	LE	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente e construir projetado
1428 + 9,00	LD	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente
1429 + 15,00	LE	EDA-02	-	-	-	-	Ruim	0,14	-	-	Demolir existente e construir projetado
1429 + 15,00	LD	EDA-02	-	-	-	-	Ruim	0,14	-	-	Demolir existente e construir projetado
1432 + 3,00	LD	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente e construir projetado
1433 + 14,00	LE	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente e construir projetado
1506 + 7,00	LD	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente
1506 + 19,00	LE	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente
1508 + 7,00	LE	EDA-02	-	-	-	-	Ruim	0,14	-	-	Demolir existente
1572 + 1,00	LE	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente e construir projetado
1586 + 13,00	LE	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente e construir projetado
1590 + 11,00	LE	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente e construir projetado
1599 + 9,00	LE	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente e construir projetado
1601 + 7,00	LE	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente e construir projetado
1605 + 15,00	LE	EDA-02	-	-	-	-	Ruim	0,14	-	-	Demolir existente e construir projetado
1605 + 15,00	LD	EDA-02	-	-	-	-	Ruim	0,14	-	-	Demolir existente e construir projetado
1609 + 2,00	LE	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente e construir projetado
1612 + 1,00	LE	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente e construir projetado
1621 + 11,00	LE	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente e construir projetado
1625 + 6,00	LE	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente e construir projetado
1642 + 13,00	LD	EDA-02	-	-	-	-	Ruim	0,14	-	-	Demolir existente e construir projetado
1642 + 13,00	LE	EDA-02	-	-	-	-	Ruim	0,14	-	-	Demolir existente e construir projetado
1685 + 15,00	LD	EDA-02	-	-	-	-	Ruim	0,14	-	-	Demolir existente
1771 + 14,00	LD	EDA-02	-	-	-	-	Ruim	0,14	-	-	Demolir existente
1772 + 3,00	LE	EDA-02	-	-	-	-	Ruim	0,14	-	-	Demolir existente e construir projetado
1921 + 9,00	LD	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente e construir projetado
1923 + 18,00	LE	EDA-02	-	-	-	-	Ruim	0,14	-	-	Demolir existente
1987 + 18,00	LD	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente e construir projetado
1988 + 19,00	LD	EDA-01	-	-	-	-	Ruim	0,11	-	-	Demolir existente
TOTAL		**ENTRADA D'ÁGUA**		**EDA-01**	**33 unid.**			**3,63 m³**			**Nos locais onde se indica a demolição do dispositivo existente e a construção do projetado, o valor relativo à caiação está sendo apresentado na aba de projetado.**
				EDA-02	**12 unid.**			**1,68 m³**			
		DESCIDA D'ÁGUA		**DAR 60-30**	**0,00 m**						
				DAR-03	**0,00 m**						
				DAD 60-36	**0,00 m**						

Obs.: Todas as taxas de concreto utilizadas no cálculo da demolição dos dispositivos a serem demolidos e substituídos foram extraídas do Relatório de Composição do Serviço da GOINFRA ou do Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem do DNIT.

QUADRO DE DADOS DE ENTRADA

ENTRADAS E DESCIDAS D'ÁGUA PROJETADA

ESTACA	LADO	ENTRADA D'ÁGUA	DESCIDA D'ÁGUA			DISSIPADOR DE ENERGIA	CAIAÇÃO EDA's (m²)	CAIAÇÃO DAR-60-30 (m²)	CAIAÇÃO DAD-60-36 (m²)
			DAR-60-30 (Lisa)	DAR-03 (Lisa)	DAD-60-36 (Degrau)				
GO-330, GO-020 (Próx. Roncador) - Ipameri									
2 + 7,00	LD	EDA-01	2,00	-	-	-	0,329	2,40	-
5 + 15,00	LD	EDA-01	2,00	-	-	-	0,329	2,40	-
14 + 16,00	LD	EDA-02	-	-	-	-	0,637	-	-
14 + 16,00	LE	EDA-02	-	-	3,00	DED 03 A	0,637	-	5,40
23 + 11,00	LE	EDA-01	2,00	-	-	-	0,329	2,40	-
84 + 12,00	LD	EDA-02	-	-	6,00	DED 03 A	0,637	-	10,80
84 + 12,00	LE	EDA-02	-	-	4,00	-	0,637	-	7,20
216 + 6,00	LD	EDA-01	2,00	-	-	DED 01 A	0,329	2,40	-
228 + 16,00	LE	EDA-01	-	-	4,00	DED 03 A	0,329	-	7,20
228 + 19,00	LD	EDA-01	-	-	5,00	DED 03 A	0,329	-	9,00
232 + 19,00	LE	EDA-02	-	-	4,00	DED 03 A	0,637	-	7,20
232 + 19,00	LD	EDA-02	-	-	4,00	DED 03 A	0,637	-	7,20
269 + 4,00	LD	EDA-01	2,00	-	-	-	0,329	2,40	-
279 + 10,00	LE	EDA-01	-	-	4,00	DED 03 A	0,329	-	7,20
279 + 10,00	LD	EDA-02	-	-	4,00	DED 03 A	0,637	-	7,20
282 + 19,00	LE	EDA-01	2,00	-	-	-	0,329	2,40	-
286 + 10,00	LE	EDA-01	1,00	-	-	-	0,329	1,20	-
295 + 8,00	LE	EDA-01	2,00	-	-	DED 03 A	0,329	2,40	-
330 + 6,00	LE	EDA-02	-	-	3,00	-	0,637	-	5,40
330 + 6,00	LD	EDA-02	-	-	4,00	DED 03 A	0,637	-	7,20
397 + 12,00	LE	EDA-02	2,00	-	-	-	0,637	2,40	-
515 + 13,00	LD	EDA-02	-	-	6,00	DED 03 A	0,637	-	10,80
515 + 13,00	LE	EDA-02	-	-	6,00	DED 03 A	0,637	-	10,80
625 + 5,00	LE	EDA-02	1,00	-	-	-	0,637	1,20	-
625 + 5,00	LD	EDA-02	-	-	5,00	DED 03 A	0,637	-	9,00
699 + 9,00	LE	EDA-02	-	-	7,00	DED 03 A	0,637	-	12,60
699 + 9,00	LD	EDA-02	-	-	7,00	DED 03 A	0,637	-	12,60
720 + 12,00	LE	EDA-01	-	-	4,00	DED 03 A	0,329	-	7,20
733 + 11,00	LE	EDA-01	-	-	4,00	DED 03 A	0,329	-	7,20
738 + 12,00	LE	EDA-01	-	-	4,00	DED 03 A	0,329	-	7,20
743 + 5,00	LE	EDA-01	-	-	4,00	DED 03 A	0,329	-	7,20
746 + 18,00	LE	EDA-01	-	-	4,00	DED 03 A	0,329	-	7,20
749 + 16,00	LE	EDA-01	-	-	4,00	DED 03 A	0,329	-	7,20
752 + 13,00	LE	EDA-01	-	-	4,00	DED 03 A	0,329	-	7,20
801 + 18,00	LD	EDA-02	1,00	-	-	-	0,637	1,20	-
850 + 18,00	LE	EDA-01	-	-	4,00	DED 03 A	0,329	-	7,20
850 + 18,00	LD	EDA-01	-	-	4,00	DED 03 A	0,329	-	7,20
855 + 9,00	LD	EDA-01	-	-	4,00	DED 03 A	0,329	-	7,20
855 + 15,00	LE	EDA-01	-	-	4,00	DED 03 A	0,329	-	7,20
894 + 4,00	LD	EDA-02	2,00	-	-	-	0,637	2,40	-
958 + 18,00	LD	EDA-02	-	-	8,00	DED 03 A	0,637	-	14,40
958 + 18,00	LE	EDA-02	-	-	8,00	DED 03 A	0,637	-	14,40
1125 + 15,00	LE	EDA-02	-	-	5,00	DED 03 A	0,637	-	9,00
1125 + 15,00	LD	EDA-02	-	-	5,00	DED 03 A	0,637	-	9,00
1218 + 16,00	LD	EDA-01	-	-	4,00	DED 03 A	0,329	-	7,20
1216 + 11,00	LE	EDA-01	-	-	4,00	DED 03 A	0,329	-	7,20
1220 + 10,00	LD	EDA-01	-	-	4,00	DED 03 A	0,329	-	7,20
1220 + 10,00	LE	EDA-01	-	-	4,00	DED 03 A	0,329	-	7,20
1298 + 17,00	LE	EDA-02	-	-	4,00	DED 03 A	0,637	-	7,20
1299 + 1,00	LD	EDA-02	-	-	5,00	DED 03 A	0,637	-	9,00
1302 + 18,00	LD	EDA-01	-	-	5,00	DED 03 A	0,329	-	9,00
1304 + 1,00	LE	EDA-01	-	-	5,00	DED 03 A	0,329	-	9,00
1342 + 17,00	LE	EDA-02	2,00	-	-	DED 01 A	0,637	2,40	-
1364 + 10,00	LD	EDA-01	2,00	-	-	-	0,329	2,40	-
1371 + 10,00	LE	EDA-01	-	-	3,00	DED 03 A	0,329	-	5,40
1373 + 13,00	LD	EDA-01	-	-	5,00	DED 03 A	0,329	-	9,00
1374 + 1,00	LE	EDA-01	-	-	3,00	DED 03 A	0,329	-	5,40
1429 + 15,00	LE	EDA-02	-	-	9,00	DED 03 A	0,637	-	16,20
1429 + 15,00	LD	EDA-02	-	-	10,00	DED 03 A	0,637	-	18,00
1432 + 3,00	LD	EDA-01	2,00	-	-	-	0,329	2,40	-
1433 + 14,00	LE	EDA-01	2,00	-	-	-	0,329	2,40	-
1469 + 10,00	LE	EDA-02	-	-	3,00	DED 03 A	0,637	-	5,40
1469 + 10,00	LD	EDA-02	2,00	-	-	-	0,637	2,40	-
1507 + 13,00	LE	EDA-02	-	-	8,00	DED 03 A	0,637	-	14,40
1507 + 13,00	LD	EDA-02	-	-	8,00	DED 03 A	0,637	-	14,40
1554 + 19,00	LD	EDA-01	2,00	-	-	-	0,329	1,40	-
1556 + 17,00	LD	EDA-01	2,00	-	-	-	0,329	2,40	-
1572 + 1,00	LE	EDA-01	-	-	4,00	DED 03 A	0,329	-	7,20
1574 + 1,00	LE	EDA-01	-	-	-	-	0,329	-	-
1576 + 5,00	LD	EDA-01	2,00	-	-	-	0,329	2,40	-
1586 + 13,00	LE	EDA-01	2,00	-	-	-	0,329	2,40	-
1590 + 11,00	LE	EDA-01	2,00	-	-	-	0,329	2,40	-
1599 + 9,00	LE	EDA-01	2,00	-	-	-	0,329	2,40	-
1601 + 7,00	LE	EDA-01	2,00	-	-	-	0,329	2,40	-

ENTRADAS E DESCIDAS D'ÁGUA PROJETADA

ESTACA	LADO	ENTRADA D'ÁGUA	DESCIDA D'ÁGUA			DISSIPADOR DE ENERGIA	CAIAÇÃO EDA's (m²)	CAIAÇÃO DAR-60-30 (m²)	CAIAÇÃO DAD-60-36 (m²)
			DAR-60-30 (Lisa)	DAR-03 (Lisa)	DAD-60-36 (Degrau)				
GO-330, GO-020 (Próx. Roncador) - Ipameri									
1605 + 15,00	LE	EDA-02	-	-	7,00	DED 03 A	0,637	-	12,60
1605 + 15,00	LD	EDA-02	-	-	7,00	DED 03 A	0,637	-	12,60
1609 + 2,00	LE	EDA-01	-	-	5,00	DED 03 A	0,329	-	9,00
1612 + 1,00	LE	EDA-01	-	-	5,00	DED 03 A	0,329	-	9,00
1612 + 17,00	LD	EDA-01	2,00	-	-	-	0,329	2,40	-
1621 + 11,00	LE	EDA-01	-	-	5,00	DED 03 A	0,329	-	9,00
1621 + 17,00	LD	EDA-01	2,00	-	-	-	0,329	2,40	-
1625 + 6,00	LE	EDA-01	-	-	5,00	DED 03 A	0,329	-	9,00
1642 + 13,00	LD	EDA-02	-	-	5,00	DED 03 A	0,637	-	9,00
1642 + 13,00	LE	EDA-02	-	-	5,00	DED 03 A	0,637	-	9,00
1686 + 19,00	LD	EDA-02	2,00	-	-	-	0,637	2,40	-
1686 + 19,00	LE	EDA-02	1,00	-	-	-	0,637	1,20	-
1689 + 14,00	LD	EDA-01	2,00	-	-	-	0,329	2,40	-
1731 + 15,00	LE	EDA-02	-	-	5,00	DED 03 A	0,637	-	9,00
1731 + 15,00	LD	EDA-02	-	-	5,00	DED 03 A	0,637	-	9,00
1733 + 1,00	LE	EDA-01	-	-	5,00	DED 03 A	0,329	-	9,00
1733 + 16,00	LD	EDA-01	-	-	5,00	DED 03 A	0,329	-	9,00
1772 + 3,00	LE	EDA-02	-	-	2,00	DED 03 A	0,637	-	3,60
1772 + 3,00	LD	EDA-02	-	-	3,00	DED 03 A	0,637	-	5,40
1838 + 9,00	LE	EDA-02	2,00	-	-	-	0,637	2,40	-
1872 + 5,00	LD	EDA-01	-	-	4,00	DED 03 A	0,329	-	7,20
1873 + 7,00	LD	EDA-02	-	-	4,00	DED 03 A	0,637	-	7,20
1921 + 9,00	LD	EDA-01	-	-	10,00	DED 03 A	0,329	-	18,00
1923 + 15,00	LD	EDA-02	-	-	10,00	DED 03 A	0,637	-	18,00
1923 + 15,00	LE	EDA-02	-	-	10,00	DED 03 A	0,637	-	18,00
1925 + 0,00	LD	EDA-01	-	-	10,00	DED 03 A	0,329	-	18,00
1928 + 17,00	LE	EDA-01	-	-	11,00	DED 03 A	0,329	-	19,80
1932 + 13,00	LD	EDA-01	-	-	12,00	DED 03 A	0,329	-	21,60
1975 + 1,00	LE	EDA-01	2,00	-	-	-	0,329	2,40	-
1977 + 9,00	LD	EDA-01	1,00	-	-	-	0,329	1,20	-
1982 + 19,00	LE	EDA-01	2,00	-	-	-	0,329	2,40	-
1987 + 18,00	LD	EDA-01	-	-	6,00	DED 03 A	0,329	-	10,80
1990 + 11,00	LE	EDA-01	-	-	10,00	DED 03 A	0,329	-	18,00
1990 + 11,00	LD	EDA-01	-	-	10,00	DED 03 A	0,329	-	18,00
TOTAL		**ENTRADA D'ÁGUA**			**EDA-01**	**63 unid.**	**20,73 m²**	**72,20 m²**	**720,00 m²**
					EDA-02	**45 unid.**	**28,67 m²**		
		DESCIDA D'ÁGUA			**DAR-60-30**	**61,00 m**			
					DAD-60-36	**400,00 m**			
		DISSIPADOR DE ENERGIA			**DED 03 A**	**72 unid.**			
					DED 01 A	**2 unid.**			

QUADRO DE DADOS DE ENTRADA

SARJETAS EXISTENTE

ESTACAS Início	ESTACAS Fim	LADO	EXTENSÃO (m)	TIPO	SAÍDA(S) (m) ESTACA(S)	SAÍDA(S) (m) EXTENSÃO	DISSIPADOR DE ENERGIA	CAIAÇÃO (m²)	ESTADO DE CONSERVAÇÃO	DEMOLIÇÃO DE CONCRETO ARMADO (m³)	LIMPEZA (m)	OBSERVAÇÃO
GO-330, GO-020 (Próx. Roncador) - Ipameri												
183 + 2,00	186 + 18,00	LE	76,00	STC 108-25	-	-	-	-	Ruim	8,34	-	Demolir existente e construir projetado
184 + 6,00	186 + 18,00	LD	52,00	STC 108-25	-	-	-	-	Ruim	5,70	-	Demolir existente e construir projetado
186 + 18,00	197 + 17,00	LD	219,00	STC 108-25	-	-	-	-	Ruim	24,02	-	Demolir existente e construir projetado
186 + 18,00	197 + 11,00	LE	213,00	STC 108-25	-	-	-	-	Ruim	23,37	-	Demolir existente e construir projetado
218 + 17,00	225 + 6,00	LD	130,00	STC 80-17	-	-	-	-	Ruim	10,22	-	Demolir existente e construir projetado
220 + 14,00	224 + 16,00	LE	82,00	STC 73-15	-	-	-	-	Ruim	5,97	-	Demolir existente e construir projetado
244 + 2,00	255 + 13,00	LD	231,00	STC 88-20	-	-	-	-	Ruim	20,63	-	Demolir existente e construir projetado
245 + 19,00	251 + 13,00	LE	114,00	STC 88-20	-	-	-	-	Ruim	10,18	-	Demolir existente e construir projetado
255 + 13,00	263 + 13,00	LD	158,00	STC 88-20	-	-	-	-	Ruim	14,11	-	Demolir existente e construir projetado
269 + 5,00	279 + 13,00	LD	207,00	STC 88-20	-	-	-	-	Ruim	18,49	-	Demolir existente e construir projetado
295 + 6,00	307 + 8,00	LD	243,00	STC 73-15	-	-	-	-	Ruim	17,69	-	Demolir existente e construir projetado
295 + 11,00	307 + 8,00	LE	238,00	STC 73-15	-	-	-	-	Ruim	17,33	-	Demolir existente e construir projetado
307 + 8,00	316 + 5,00	LD	178,00	STC 73-15	-	-	-	-	Ruim	12,96	-	Demolir existente e construir projetado
307 + 8,00	316 + 5,00	LE	177,00	STC 73-15	-	-	-	-	Ruim	12,89	-	Demolir existente e construir projetado
422 + 18,00	428 + 4,00	LD	115,00	STC 73-15	-	-	-	-	Ruim	8,37	-	Demolir existente e construir projetado
423 + 15,00	429 + 3,00	LE	112,00	STC 73-15	-	-	-	-	Ruim	8,15	-	Demolir existente e construir projetado
507 + 10,00	511 + 12,00	LE	85,00	STC 73-15	-	-	-	-	Ruim	6,19	-	Demolir existente e construir projetado
519 + 2,00	530 + 12,00	LE	232,00	STC 88-20	-	-	-	-	Ruim	20,72	-	Demolir existente e construir projetado
519 + 12,00	528 + 13,00	LD	188,00	STC 88-20	-	-	-	-	Ruim	16,79	-	Demolir existente e construir projetado
587 + 16,00	608 + 14,00	LE	431,00	STC 73-15	-	-	-	-	Ruim	31,38	-	Demolir existente e construir projetado
591 + 7,00	598 + 17,00	LD	150,00	STC 73-15	-	-	-	-	Ruim	10,92	-	Demolir existente e construir projetado
599 + 3,00	607 + 2,00	LD	164,00	STC 73-15	-	-	-	-	Ruim	11,94	-	Demolir existente e construir projetado
633 + 12,00	651 + 10,00	LD	358,00	STC 73-15	-	-	-	-	Ruim	26,06	-	Demolir existente e construir projetado
638 + 13,00	650 + 11,00	LE	240,00	STC 73-15	-	-	-	-	Ruim	17,47	-	Demolir existente e construir projetado
679 + 10,00	692 + 11,00	LE	261,00	STC 73-15	-	-	-	-	Ruim	19,00	-	Demolir existente e construir projetado
704 + 6,00	720 + 11,00	LD	330,00	STC 88-20	-	-	-	-	Ruim	29,47	-	Demolir existente e construir projetado
704 + 12,00	720 + 11,00	LE	323,00	STC 88-20	-	-	-	-	Ruim	28,84	-	Demolir existente e construir projetado
791 + 17,00	801 + 4,00	LD	185,00	STC 88-20	-	-	-	-	Ruim	16,52	-	Demolir existente e construir projetado
791 + 18,00	801 + 0,00	LE	185,00	STC 88-20	-	-	-	-	Ruim	16,52	-	Demolir existente e construir projetado
855 + 10,00	868 + 12,00	LD	263,00	STC 88-20	-	-	-	-	Ruim	23,49	-	Demolir existente e construir projetado
858 + 4,00	866 + 0,00	LE	156,00	STC 88-20	-	-	-	-	Ruim	13,93	-	Demolir existente e construir projetado
876 + 1,00	880 + 14,00	LD	93,00	STC 73-15	-	-	-	-	Ruim	6,77	-	Demolir existente e construir projetado
876 + 12,00	882 + 0,00	LE	108,00	STC 88-20	-	-	-	-	Ruim	9,64	-	Demolir existente e construir projetado
892 + 1,00	896 + 4,00	LE	86,00	STC 88-20	-	-	-	-	Ruim	7,68	-	Demolir existente e construir projetado
901 + 7,00	909 + 14,00	LD	170,00	STC 73-15	-	-	-	-	Ruim	12,38	-	Demolir existente e construir projetado
901 + 19,00	909 + 14,00	LE	159,00	STC 73-15	-	-	-	-	Ruim	11,58	-	Demolir existente e construir projetado
925 + 7,00	934 + 7,00	LE	180,00	STC 88-20	-	-	-	-	Ruim	16,07	-	Demolir existente e construir projetado
931 + 12,00	935 + 12,00	LD	81,00	STC 73-15	-	-	-	-	Ruim	5,90	-	Demolir existente e construir projetado
938 + 14,00	953 + 11,00	LE	297,00	STC 88-20	-	-	-	-	Ruim	26,52	-	Demolir existente e construir projetado
941 + 6,00	954 + 4,00	LD	258,00	STC 88-20	-	-	-	-	Ruim	23,04	-	Demolir existente e construir projetado
964 + 4,00	972 + 16,00	LE	172,00	STC 73-15	-	-	-	-	Ruim	12,52	-	Demolir existente e construir projetado
965 + 1,00	973 + 4,00	LD	163,00	STC 73-15	-	-	-	-	Ruim	11,87	-	Demolir existente e construir projetado
1102 + 0,00	1118 + 12,00	LE	331,00	STC 100-20	-	-	-	-	Ruim	31,31	-	Demolir existente e construir projetado
1106 + 5,00	1113 + 0,00	LD	135,00	STC 100-20	-	-	-	-	Ruim	12,77	-	Demolir existente e construir projetado
1172 + 8,00	1208 + 17,00	LE	725,00	STC 73-15	-	-	-	-	Ruim	52,78	-	Demolir existente e construir projetado
1241 + 3,00	1245 + 7,00	LD	84,00	STC 73-15	-	-	-	-	Ruim	6,12	-	Demolir existente e construir projetado
1287 + 12,00	1293 + 10,00	LE	81,00	STC 80-17	-	-	-	-	Ruim	6,37	-	Demolir existente e construir projetado
1289 + 13,00	1295 + 14,00	LD	120,00	STC 80-17	-	-	-	-	Ruim	9,43	-	Demolir existente e construir projetado
1306 + 15,00	1313 + 13,00	LE	138,00	STC 73-15	-	-	-	-	Ruim	10,05	-	Demolir existente e construir projetado
1304 + 15,00	1315 + 3,00	LD	210,00	STC 88-20	-	-	-	-	Ruim	18,75	-	Demolir existente e construir projetado
1365 + 6,00	1369 + 1,00	LE	74,00	STC 73-15	-	-	-	-	Ruim	5,39	-	Demolir existente e construir projetado
1378 + 16,00	1382 + 19,00	LD	83,00	STC 88-20	-	-	-	-	Ruim	7,41	-	Demolir existente e construir projetado
1380 + 11,00	1381 + 16,00	LE	25,00	STC 88-20	-	-	-	-	Ruim	2,23	-	Demolir existente e construir projetado
1396 + 13,00	1403 + 16,00	Canteiro central	152,00	SZCC 140-35	-	-	-	256,87	Bom	-	152,00	Limpeza
1403 + 17,00	1407 + 3,00	Canteiro central	75,00	SZCC 140-35	-	-	-	126,75	Bom	-	75,00	Limpeza
1407 + 2,00	1410 + 3,00	Canteiro central	42,00	STCC 100-25	-	-	-	58,13	Bom	-	42,00	Limpeza
1408 + 14,00	1425 + 7,00	LD	339,00	STC 88-20	-	-	-	-	Ruim	30,27	-	Demolir existente e construir projetado
1415 + 15,00	1426 + 7,00	LE	215,00	STC 73-15	-	-	-	-	Ruim	15,65	-	Demolir existente e construir projetado
1487 + 8,00	1504 + 19,00	LD	353,00	STC 88-20	-	-	-	-	Ruim	31,52	-	Demolir existente e construir projetado
1487 + 9,00	1504 + 2,00	LE	333,00	STC 88-20	-	-	-	-	Ruim	29,74	-	Demolir existente e construir projetado
1509 + 4,00	1527 + 4,00	LD	360,00	STC 73-15	-	-	-	-	Ruim	26,21	-	Demolir existente e construir projetado
1509 + 15,00	1527 + 3,00	LE	350,00	STC 73-15	-	-	-	-	Ruim	25,48	-	Demolir existente e construir projetado
1555 + 0,00	1568 + 1,00	LE	261,00	STC 88-20	-	-	-	-	Ruim	23,31	-	Demolir existente e construir projetado
1557 + 3,00	1567 + 4,00	LD	201,00	STC 88-20	-	-	-	-	Ruim	17,95	-	Demolir existente e construir projetado
1577 + 10,00	1583 + 19,00	LE	130,00	STC 80-17	-	-	-	-	Ruim	10,22	-	Demolir existente e construir projetado
1608 + 8,00	1612 + 16,00	LD	89,00	STC 73-15	-	-	-	-	Ruim	6,48	-	Demolir existente e construir projetado
1617 + 19,00	1621 + 17,00	LD	78,00	STC 88-20	-	-	-	-	Ruim	6,97	-	Demolir existente e construir projetado
1624 + 2,00	1628 + 3,00	LD	81,00	STC 88-20	-	-	-	-	Ruim	7,23	-	Demolir existente e construir projetado
1634 + 7,00	1642 + 10,00	LE	163,00	STC 73-15	-	-	-	-	Ruim	11,87	-	Demolir existente e construir projetado
1637 + 7,00	1641 + 1,00	LD	77,00	STC 73-15	-	-	-	-	Ruim	5,61	-	Demolir existente e construir projetado
1761 + 12,00	1763 + 12,00	LE	40,00	STC 80-17	-	-	-	-	Ruim	3,14	-	Demolir existente e construir projetado
1761 + 16,00	1764 + 18,00	LD	61,00	STC 80-17	-	-	-	-	Ruim	4,79	-	Demolir existente e construir projetado
1773 + 3,00	1780 + 2,00	LD	141,00	STC 80-17	-	-	-	-	Ruim	11,08	-	Demolir existente e construir projetado
1863 + 16,00	1871 + 2,00	LD	149,00	STC 125-25	-	-	-	-	Ruim	17,40	-	Demolir existente e construir projetado
1948 + 13,00	1966 + 0,00	LD	346,00	STC 125-25	-	-	-	-	Ruim	40,41	-	Demolir existente e construir projetado
1951 + 0,00	1964 + 2,00	LE	262,00	STC 125-25	-	-	-	-	Ruim	30,60	-	Demolir existente e construir projetado
TOTAL		**SARJETA**	**5947,00 m**	**STC 73-15**				**0,00 m²**		**1170,16 m³**	**0,00 m**	**Nos locais onde se indica a demolição do dispositivo existente e a construção do projetado, o valor relativo à caiação está sendo apresentado na aba de projetado.**
			703,00 m	**STC 80-17**				**0,00 m²**			**0,00 m**	
			5465,00 m	**STC 88-20**				**0,00 m²**			**0,00 m**	
			466,00 m	**STC 100-20**				**0,00 m²**			**0,00 m**	
			560,00 m	**STC 108-25**				**0,00 m²**			**0,00 m**	
			757,00 m	**STC 125-25**				**0,00 m²**			**0,00 m**	
			42,00 m	**STCC 100-25**				**58,13 m²**			**42,00 m**	
			227,00 m	**SZCC 140-35**				**383,62 m²**			**227,00 m**	

Obs.: Todas as taxas de concreto utilizadas no cálculo da demolição dos dispositivos a serem demolidos e substituídos foram extraídas do Relatório de Composição do Serviço da GOINFRA ou do Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem do DNIT.

QUADRO DE DADOS DE ENTRADA

SARJETA PROJETADA

ESTACAS		LADO	EXTENSÃO (m)	TIPO	SAÍDA(S) (m)		DISSIPADOR DE ENERGIA	CAIAÇÃO (m²)
Início	Fim				ESTACA(S)	EXTENSÃO		
GO-330, GO-020 (Próx. Roncador) - Ipameri								
13 + 12,00	14 + 12,00	LE	20,00	STC 108-25	-	-	-	25,87
13 + 12,00	14 + 12,00	LD	20,00	STC 108-25	-	-	-	25,87
14 + 19,00	17 + 10,00	LD	52,00	STC 108-25	-	-	-	67,25
14 + 19,00	16 + 15,00	LE	74,00	STC 108-25	-	-	-	95,70
82 + 9,00	84 + 9,00	LD	40,00	STC 108-25	-	-	-	51,73
82 + 9,00	84 + 9,00	LE	40,00	STC 108-25	-	-	-	51,73
84 + 15,00	86 + 15,00	LD	40,00	STC 108-25	-	-	-	51,73
84 + 15,00	86 + 15,00	LE	40,00	STC 108-25	-	-	-	51,73
183 + 2,00	186 + 18,00	LE	76,00	STC 108-25	-	-	-	98,29
184 + 6,00	186 + 18,00	LD	52,00	STC 108-25	-	-	-	67,25
186 + 18,00	197 + 17,00	LD	219,00	STC 108-25	-	-	-	283,23
186 + 18,00	197 + 11,00	LE	213,00	STC 108-25	-	-	-	275,47
218 + 17,00	225 + 6,00	LD	130,00	STC 80-17	-	-	-	118,17
220 + 14,00	224 + 16,00	LE	82,00	STC 73-15	-	-	-	68,64
244 + 2,00	255 + 13,00	LD	231,00	STC 88-20	-	-	-	240,25
245 + 19,00	251 + 13,00	LE	114,00	STC 88-20	-	-	-	118,56
255 + 13,00	263 + 13,00	LD	158,00	STC 88-20	-	-	-	164,32
267 + 14,00	269 + 3,00	LD	29,00	STC 73-15	-	-	-	24,28
269 + 5,00	279 + 13,00	LD	201,00	STC 88-20	-	-	-	209,05
279 + 13,00	280 + 13,00	LD	20,00	STC 88-20	-	-	-	20,80
295 + 6,00	307 + 8,00	LD	243,00	STC 73-15	-	-	-	203,41
295 + 11,00	307 + 8,00	LE	238,00	STC 73-15	-	-	-	199,23
307 + 8,00	316 + 5,00	LD	178,00	STC 73-15	-	-	-	149,00
307 + 8,00	316 + 5,00	LE	177,00	STC 73-15	-	-	-	148,16
329 + 3,00	330 + 3,00	LD	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
329 + 3,00	330 + 3,00	LE	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
330 + 9,00	331 + 9,00	LD	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
330 + 9,00	331 + 9,00	LE	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
396 + 8,00	397 + 8,00	LE	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
397 + 15,00	398 + 15,00	LE	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
422 + 18,00	428 + 4,00	LD	115,00	STC 73-15	-	-	-	96,26
423 + 15,00	429 + 3,00	LE	112,00	STC 73-15	-	-	-	93,75
507 + 10,00	511 + 12,00	LE	85,00	STC 73-15	-	-	-	71,15
519 + 2,00	530 + 12,00	LE	232,00	STC 88-20	-	-	-	241,29
519 + 12,00	528 + 13,00	LD	188,00	STC 88-20	-	-	-	195,53
587 + 16,00	608 + 14,00	LE	431,00	STC 73-15	-	-	-	360,78
591 + 7,00	598 + 17,00	LD	150,00	STC 73-15	-	-	-	125,56
599 + 3,00	607 + 2,00	LD	164,00	STC 73-15	-	-	-	137,28
624 + 2,00	625 + 2,00	LD	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
624 + 2,00	625 + 2,00	LE	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
625 + 8,00	626 + 8,00	LD	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
625 + 8,00	626 + 8,00	LE	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
633 + 12,00	651 + 10,00	LD	358,00	STC 73-15	-	-	-	299,68
638 + 12,00	651 + 10,00	LD	240,00	STC 73-15	-	-	-	200,90
679 + 10,00	692 + 11,00	LE	261,00	STC 73-15	-	-	-	218,48
698 + 7,00	699 + 7,00	LE	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
698 + 7,00	699 + 7,00	LD	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
699 + 10,00	704 + 9,00	LE	98,00	STC 73-15	-	-	-	82,03
699 + 10,00	704 + 6,00	LD	95,00	STC 73-15	-	-	-	79,52
704 + 6,00	720 + 11,00	LD	330,00	STC 88-20	-	-	-	343,21
704 + 12,00	720 + 11,00	LE	323,00	STC 88-20	-	-	-	335,93
791 + 17,00	801 + 15,00	LD	196,00	STC 88-20	-	-	-	203,85
791 + 18,00	801 + 15,00	LE	196,00	STC 88-20	-	-	-	203,85
802 + 1,00	803 + 1,00	LD	20,00	STC 88-20	-	-	-	20,80
855 + 10,00	868 + 12,00	LD	263,00	STC 88-20	-	-	-	273,53
858 + 4,00	866 + 0,00	LE	156,00	STC 88-20	-	-	-	162,24
876 + 1,00	880 + 14,00	LD	93,00	STC 73-15	-	-	-	77,85

SARJETA PROJETADA									
ESTACAS		LADO	EXTENSÃO (m)	TIPO	SAÍDA(S) (m)		DISSIPADOR DE ENERGIA	CAIAÇÃO (m²)
Início	Fim				ESTACA(S)	EXTENSÃO		
GO-330, GO-020 (Próx. Roncador) - Ipameri								
876 + 12,00	882 + 0,00	LE	108,00	STC 88-20	-	-	-	112,32
892 + 1,00	896 + 4,00	LE	86,00	STC 88-20	-	-	-	89,44
893 + 1,00	894 + 1,00	LD	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
894 + 7,00	895 + 7,00	LD	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
901 + 7,00	909 + 14,00	LD	170,00	STC 73-15	-	-	-	142,30
901 + 19,00	909 + 14,00	LE	159,00	STC 73-15	-	-	-	133,10
925 + 7,00	934 + 7,00	LE	180,00	STC 88-20	-	-	-	187,21
931 + 12,00	935 + 12,00	LD	81,00	STC 73-15	-	-	-	67,80
938 + 14,00	953 + 11,00	LE	297,00	STC 88-20	-	-	-	308,89
941 + 6,00	954 + 4,00	LD	258,00	STC 88-20	-	-	-	268,33
955 + 11,00	956 + 11,00	LE	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
955 + 11,00	956 + 11,00	LD	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
956 + 18,00	957 + 18,00	LE	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
956 + 18,00	957 + 18,00	LD	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
964 + 4,00	972 + 16,00	LE	172,00	STC 73-15	-	-	-	143,98
965 + 1,00	973 + 4,00	LD	163,00	STC 73-15	-	-	-	136,44
1102 + 0,00	1118 + 12,00	LE	331,00	STC 100-20	-	-	-	366,42
1106 + 5,00	1113 + 0,00	LD	135,00	STC 100-20	-	-	-	149,45
1124 + 12,00	1125 + 12,00	LE	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
1124 + 12,00	1125 + 12,00	LD	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
1125 + 18,00	1126 + 18,00	LE	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
1125 + 18,00	1126 + 18,00	LD	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
1172 + 8,00	1208 + 17,00	LE	725,00	STC 108-25	-	-	-	937,62
1212 + 2,00	1216 + 11,00	LE	88,00	STC 73-15	-	-	-	73,66
1216 + 13,00	1220 + 8,00	LE	73,00	STC 73-15	-	-	-	61,11
1215 + 0,00	1218 + 14,00	LD	74,00	STC 73-15	-	-	-	61,94
1218 + 17,00	1220 + 8,00	LD	32,00	STC 73-15	-	-	-	26,79
1241 + 3,00	1245 + 7,00	LD	84,00	STC 73-15	-	-	-	70,31
1287 + 12,00	1293 + 10,00	LE	118,00	STC 80-17	-	-	-	107,26
1289 + 13,00	1295 + 14,00	LD	120,00	STC 80-17	-	-	-	109,08
1295 + 15,00	1298 + 18,00	LD	63,00	STC 80-17	-	-	-	57,27
1297 + 13,00	1298 + 13,00	LE	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
1299 + 0,00	1300 + 0,00	LE	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
1299 + 5,00	1302 + 18,00	LD	73,00	STC 88-20	-	-	-	75,92

SARJETA PROJETADA								
ESTACAS		LADO	EXTENSÃO (m)	TIPO	SAÍDA(S) (m)		DISSIPADOR DE ENERGIA	CAIAÇÃO (m²)
Início	Fim				ESTACA(S)	EXTENSÃO		
GO-330, GO-020 (Próx. Roncador) - Ipameri								
1306 + 15,00	1313 + 13,00	LE	138,00	STC 73-15	-	-	-	115,52
1304 + 15,00	1315 + 3,00	LD	210,00	STC 88-20	-	-	-	218,41
1341 + 13,00	1342 + 13,00	LE	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
1343 + 0,00	1344 + 0,00	LE	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
1356 + 4,00	1358 + 0,00	LE	36,00	STC 88-20	-	-	-	37,44
1365 + 6,00	1369 + 1,00	LE	74,00	STC 73-15	-	-	-	61,94
1378 + 16,00	1382 + 19,00	LD	83,00	STC 88-20	-	-	-	86,32
1380 + 11,00	1381 + 16,00	LE	25,00	STC 88-20	-	-	-	26,00
1408 + 14,00	1413 + 7,00	LD	339,00	STC 88-20	-	-	-	352,57
1415 + 15,00	1426 + 7,00	LE	215,00	STC 73-15	-	-	-	179,97
1467 + 7,00	1468 + 7,00	LE	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
1467 + 7,00	1468 + 7,00	LD	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
1469 + 13,00	1470 + 13,00	LE	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
1469 + 13,00	1470 + 13,00	LD	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
1487 + 8,00	1504 + 19,00	LD	353,00	STC 88-20	-	-	-	367,13
1487 + 9,00	1504 + 2,00	LE	333,00	STC 88-20	-	-	-	346,33
1507 + 16,00	1508 + 16,00	LD	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
1509 + 4,00	1527 + 4,00	LD	360,00	STC 73-15	-	-	-	301,35
1509 + 15,00	1527 + 3,00	LE	350,00	STC 73-15	-	-	-	292,98
1555 + 0,00	1568 + 1,00	LE	261,00	STC 88-20	-	-	-	271,45
1557 + 3,00	1567 + 4,00	LD	201,00	STC 88-20	-	-	-	209,05
1577 + 10,00	1583 + 19,00	LE	130,00	STC 80-17	-	-	-	118,17
1586 + 14,00	1590 + 9,00	LE	75,00	STC 73-15	-	-	-	62,78
1590 + 12,00	1599 + 7,00	LE	175,00	STC 73-15	-	-	-	146,49
1608 + 8,00	1612 + 16,00	LD	89,00	STC 73-15	-	-	-	74,50
1617 + 19,00	1621 + 17,00	LD	78,00	STC 88-20	-	-	-	81,12
1624 + 2,00	1628 + 3,00	LD	81,00	STC 88-20	-	-	-	84,24
1634 + 7,00	1642 + 10,00	LE	163,00	STC 73-15	-	-	-	136,44
1637 + 7,00	1641 + 1,00	LD	77,00	STC 73-15	-	-	-	64,46
1641 + 2,00	1642 + 10,00	LD	28,00	STC 73-15	-	-	-	23,44
1642 + 17,00	1643 + 17,00	LD	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
1642 + 17,00	1646 + 3,00	LE	66,00	STC 73-15	-	-	-	55,25
1685 + 17,00	1686 + 17,00	LE	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
1687 + 1,00	1659 + 13,00	LD	53,00	STC 73-15	-	-	-	44,37
1687 + 1,00	1688 + 1,00	LE	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
1731 + 15,00	1733 + 15,00	LD	40,00	STC 73-15	-	-	-	33,48
1731 + 15,00	1733 + 0,00	LE	25,00	STC 73-15	-	-	-	20,93
1733 + 3,00	1734 + 7,00	LE	24,00	STC 73-15	-	-	-	20,09
1733 + 18,00	1736 + 5,00	LD	27,00	STC 73-15	-	-	-	22,60
1761 + 12,00	1763 + 12,00	LE	40,00	STC 80-17	-	-	-	36,36

SARJETA PROJETADA								
ESTACAS		LADO	EXTENSÃO (m)	TIPO	SAÍDA(S) (m)		DISSIPADOR DE ENERGIA	CAIAÇÃO (m²)
Início	Fim				ESTACA(S)	EXTENSÃO		
GO-330, GO-020 (Próx. Roncador) - Ipameri								
1761 + 16,00	1764 + 18,00	LD	61,00	STC 80-17	-	-	-	55,45
1766 + 9,00	1772 + 0,00	LD	111,00	STC 73-15	-	-	-	92,92
1768 + 19,00	1772 + 0,00	LE	61,00	STC 73-15	-	-	-	51,06
1772 + 6,00	1773 + 3,00	LD	17,00	STC 73-15	-	-	-	14,23
1772 + 6,00	1773 + 7,00	LE	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
1773 + 3,00	1780 + 2,00	LD	141,00	STC 80-17	-	-	-	128,17
1837 + 7,00	1838 + 7,00	LE	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
1838 + 11,00	1839 + 11,00	LE	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
1863 + 16,00	1871 + 2,00	LD	149,00	STC 125-25	-	-	-	206,27
1871 + 3,00	1872 + 3,00	LD	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
1872 + 6,00	1873 + 5,00	LD	19,00	STC 73-15	-	-	-	15,90
1873 + 8,00	1874 + 8,00	LD	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
1902 + 11,00	1910 + 9,00	LE	157,00	STC 73-15	-	-	-	131,42
1921 + 10,00	1923 + 13,00	LD	44,00	STC 73-15	-	-	-	36,83
1923 + 16,00	1924 + 16,00	LD	20,00	STC 73-15	-	-	-	16,74
1948 + 13,00	1966 + 0,00	LD	346,00	STC 125-25	-	-	-	478,98
1951 + 0,00	1964 + 2,00	LE	262,00	STC 125-25	-	-	-	362,69
TOTAL	**SARJETA**		**7.433,00 m**	**STC 73-15**				**6222,04 m²**
			803,00 m	**STC 80-17**				**729,94 m²**
			5.630,00 m	**STC 88-20**				**5855,36 m²**
			466,00 m	**STC 100-20**				**515,86 m²**
			1.611,00 m	**STC 108-25**				**2083,45 m²**
			757,00 m	**STC 125-25**				**1047,94 m²**

QUADRO DE DADOS DE ENTRADA							
TSS EXISTENTE							
ESTACAS		LADO	TIPO	EXTENSÃO (m)		DEMOLIÇÃO DE CONCRETO ARMADO (m³)	OBSERVAÇÃO
Início	Fim						
GO-330, GO-020 (Próx. Roncador) - Ipameri							
1288 + 14,00	1289 + 2,00	LE	TSS 120	8,00	Ruim	2,02	Demolir existente
TOTAL			TSS 120	8,00 m		2,02 m³	

Obs.: Todas as taxas de concreto utilizadas no cálculo da demolição dos dispositivos a serem demolidos e substituídos foram extraídas do Relatório de Composição do Serviço da GOINFRA ou do Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem do DNIT.

QUADRO DE DADOS DE ENTRADA				
TSS PROJETADA				
GO-330, GO-020 (Próx. Roncador) - Ipameri				
ESTACAS		**LADO**	**TIPO**	**EXTENSÃO (m)**
Início	**Fim**			
GO-330, Orizona Pires do Rio - GO-020 (Próx. Roncador)				
1185 + 0,00	1185 + 11,00	LE	TSS 120	11,00
TOTAL			**TSS 120**	**11,00 m**

QUADRO DE DADOS DE ENTRADA

BUEIROS PROJETADOS

LOCALIZAÇÃO (ESTACA DO EIXO)			PISTA	IDENTIFICAÇÃO	DADOS DA BACIA				CARACTERÍSTICAS												COMPRIMENTO (A EXECUTAR) REF. EIXO			BOCAS						CAIXA		ENROCAMENTO	ESCAVAÇÃO	DISSIPADOR	CLASSE DOS BUEIROS	OBSERVAÇÃO
					A	L	DESNÍVEL	VAZÃO	OBRA EXISTENTE	DIÂMETRO	OBRA PROJETADA	DIÂMETRO	LADO MONT (E/D)	DECLIVIDADE (m/m)	VELOCIDADE CRÍTICA (M/S)	ESC.º	COTA MONT. (m)	COTA JUS. (m)	ALT. CAPA ATER. (m)	MONT (m)	JUS (m)	TOTAL (m)	0º	5º	10º	15º	20º	30º	45º	TIPO	UND.	m³	m³	TIPO		
					Km2	Km	m	m³/s																											
240	+	0,00	GO-330	Sem nome	0,10	0,40	38,00	1,18	BSTC	0,60	BSTM	1,20	D	0,006	2,59	0º	815,780	815,618	1,53	10,00	17,00	27,00	2	-	-	-	-	-	-	-	-	36,41	DEB 360-414	-	Indicado complementação de obra pelo método não destrutivo, conforme solicitado pela GOINFRA.
515	+	17,00	GO-330	Sem nome	1,42	1,20	55,00	6,17	BSTC	1,00	BSTM	1,40	E	0,013	4,23	0º	822,532	822,082	5,98	17,00	18,00	35,00	2	-	-	-	-	-	-	-	-	8,75	53,98	DEB 450-551	-	Bacia de captação a montante. Indicado complementação de obra pelo método não destrutivo, conforme solicitado pela GOINFRA.
540	+	19,00	GO-330	Sem nome	0,41	0,82	37,00	1,43	BSTC	0,60	BSTM	1,20	E	0,010	3,35	0º	840,155	839,979	1,58	8,00	10,00	18,00	2	-	-	-	-	-	-	-	-	7,01	142,43	DEB 360-414	-	Bacia de captação a montante. Indicado complementação de obra pelo método não destrutivo, conforme solicitado pela GOINFRA.
701	+	3,00	GO-330	Sem nome	2,46	1,84	104,00	8,75	BDTC	1,00	BSTM	1,60	E	0,010	4,05	30ºD	808,075	807,604	6,06	22,00	25,00	47,00	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49,23	DEB 450-551	-	Indicado complementação de obra pelo método não destrutivo, conforme solicitado pela GOINFRA.
781	+	13,00	GO-330	Sem nome	0,61	1,13	41,00	1,72	BSTC	0,60	BSTM	1,20	E	0,010	3,35	0º	878,145	877,935	3,20	8,00	13,00	21,00	2	-	-	-	-	-	-	-	-	7,93	29,71	DEB 360-414	-	Bacia de captação a montante. Indicado complementação de obra pelo método não destrutivo, conforme solicitado pela GOINFRA.
1.094	+	9,00	GO-330	Sem nome	0,17	0,42	28,00	1,84	BSTC	0,60	BSTM	1,20	E	0,010	3,35	0º	787,718	787,391	1,53	14,00	19,00	33,00	2	-	-	-	-	-	-	-	-	9,03	27,24	DEB 360-414	-	Bacia de captação a montante. Indicado complementação de obra pelo método não destrutivo, conforme solicitado pela GOINFRA.
1.123	+	8,00	GO-330	Sem nome	0,63	1,06	52,00	2,89	BSTC	0,60	BSTM	1,20	E	0,015	4,10	0º	767,731	767,249	3,87	17,00	15,00	32,00	1	-	-	-	-	-	-	CCT 20	1	-	16,85	DEB 360-414	-	Indicado complementação de obra pelo método não destrutivo, conforme solicitado pela GOINFRA.
1.151	+	18,00	GO-330	Sem nome	0,15	0,30	27,00	1,92	BSTC	0,60	BSTM	1,20	E	0,007	2,70	0º	772,122	772,007	1,38	8,00	8,00	16,00	2	-	-	-	-	-	-	-	-	9,44	30,37	DEB 360-414	-	Bacia de captação a montante. Indicado complementação de obra pelo método não destrutivo, conforme solicitado pela GOINFRA.
1.168	+	13,00	GO-330	Sem nome	0,07	0,31	38,00	1,02	BSTC	0,60	BSTM	1,20	E	0,010	3,35	0º	766,328	766,107	1,43	12,00	10,00	22,00	1	-	-	-	-	-	-	CCT 08	1	-	22,96	DEB 360-414	-	Indicado complementação de obra pelo método não destrutivo, conforme solicitado pela GOINFRA.
1.346	+	3,00	GO-330	Sem nome	0,26	0,40	23,00	2,06	BSTC	0,60	BSTM	1,20	D	0,015	4,10	5ºD	780,191	779,836	2,68	14,00	9,00	23,00	2	-	-	-	-	-	-	-	-	7,83	19,85	DEB 360-414	-	Bacia de captação a montante. Indicado complementação de obra pelo método não destrutivo, conforme solicitado pela GOINFRA.
1.470	+	1,00	GO-330	Sem nome	0,22	0,49	17,00	1,91	BSTC	0,60	BSTM	1,20	D	0,010	3,35	0º	793,520	793,349	1,45	8,00	9,00	17,00	2	-	-	-	-	-	-	-	-	10,13	30,50	DEB 360-414	-	Bacia de captação a montante. Indicado complementação de obra pelo método não destrutivo, conforme solicitado pela GOINFRA.
1.507	+	0,00	GO-330	Sem nome	0,71	0,57	24,00	5,69	BSTC	0,60	BSTM	1,60	D	0,010	4,05	20ºD	756,871	756,528	7,40	17,00	17,00	34,00	2	-	-	-	-	-	-	-	-	7,96	62,93	DEB 450-551	-	Bacia de captação a montante. Indicado complementação de obra pelo método não destrutivo, conforme solicitado pela GOINFRA.
1.923	+	3,00	GO-330	Sem nome	0,62	0,90	45,00	3,21	BSTC	1,00	BSTM	1,20	E	0,010	3,35	15ºE	668,882	668,486	9,00	20,00	20,00	40,00	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,53	DEB 360-414	-	Indicado complementação de obra pelo método não destrutivo, conforme solicitado pela GOINFRA.

Rodovia: GO-330
Trecho: GO-330, GO-020 (Próx. Roncador) - Ipameri
Extensão: 40,00 km

Código		Descrição	Unid.	Quant.
605504	SICRO	Bueiro metálico sem interrupção de tráfego - D = 1,20 m - chapa galvanizada - escavado em material de 1ª categoria - aterro rodoviário máximo = 9,00 m	m	249,00
605505	SICRO	Bueiro metálico sem interrupção de tráfego - D = 1,40 m - chapa galvanizada - escavado em material de 1ª categoria - aterro rodoviário máximo = 7,70 m	m	35,00
605506	SICRO	Bueiro metálico sem interrupção de tráfego - D = 1,60 m - chapa galvanizada - escavado em material de 1ª categoria - aterro rodoviário máximo = 6,70 m	m	81,00
41846	GOINFRA	BOCA DE BSTC D=0,60M (AC/BC)	un	11,00
41851	GOINFRA	BOCA DE BSTC D=0,80M (AC/BC)	un	2,00
41871	GOINFRA	BOCA DE BDTC D=0,80M (AC/BC)	un	1,00
41856	GOINFRA	BOCA DE BSTC D=1,00M (AC/BC)	un	3,00
41861	GOINFRA	BOCA DE BSTC D=1,20M (AC/BC)	un	18,00
41861MOD1	GOINFRA	BOCA DE BSTC D=1,40M (AC/BC)	un	2,00
41861MOD2	GOINFRA	BOCA DE BSTC D=1,60M (AC/BC)	un	4,00
45005	GOINFRA	ESCAVAÇÃO MANUAL MAT. 1ª CAT.	m³	543,99
40140	GOINFRA	ESTABILIZAÇÃO DE SOLO COM BAIXA CAPACIDADE DE SUPORTE COM RACHÃO	m³	68,07
2003365	SICRO	Transposição de segmentos de sarjeta - TSS 120 - areia e brita comerciais	m	11,00
41330	GOINFRA	MEIO FIO COM SARJETA - MFC01	m	6.729,00
41332	GOINFRA	MEIO FIO COM SARJETA - MFC03	m	212,00
41334	GOINFRA	MEIO FIO SEM SARJETA - MFC05	m	3.231,00
41385	GOINFRA	ENTRADA D'ÁGUA - EDA 01 (AC/BC)	un	63,00
41386	GOINFRA	ENTRADA D'ÁGUA - EDA 02 (AC/BC)	un	45,00
2003742	SICRO	Caixa coletora de talvegue - CCT 08 - areia e brita comerciais	un	1,00
2003766	SICRO	Caixa coletora de talvegue - CCT 20 - areia e brita comerciais	un	1,00
2003453	SICRO	Dissipador de energia - DEB 180-263 - areia, brita e pedra de mão comerciais	un	5,00
2003457	SICRO	Dissipador de energia - DEB 300-366 - areia, brita e pedra de mão comerciais	un	8,00
2003463	SICRO	Dissipador de energia - DEB 300-511 - areia, brita e pedra de mão comerciais	un	2,00
2003459	SICRO	Dissipador de energia - DEB 360-414 - areia, brita e pedra de mão comerciais	un	11,00
2003461	SICRO	Dissipador de energia - DEB 450-551 - areia, brita e pedra de mão comerciais	un	4,00
2003467	SICRO	Dissipador de energia - DEB 450-746 - areia, brita e pedra de mão comerciais	un	1,00
2003393	SICRO	Descida d'água de aterros tipo rápido - DAR 60-30 - areia e brita comerciais	m	61,00
2003407	SICRO	Descida d'água de aterros em degraus - DAD 60-36 - areia e brita comerciais	m	400,00
2003179	SICRO	Dissipador de energia - DED 03 A - areia, brita e pedra de mão comerciais	un	72,00
2003175	SICRO	Dissipador de energia - DED 01 A - areia, brita e pedra de mão comerciais	un	2,00
42820	GOINFRA	DEMOLIÇÃO DE CONCRETO SIMPLES	m³	1.575,07
42825	GOINFRA	DEMOLIÇÃO DE CONCRETO ARMADO	m³	17,71
41211	GOINFRA	SARJETA TRIANGULAR DE CONCRETO - STC 73-15	m	7.433,00
41208	GOINFRA	SARJETA TRIANGULAR DE CONCRETO - STC 80-17	m	803,00
41210	GOINFRA	SARJETA TRIANGULAR DE CONCRETO - STC 88-20	m	5.630,00
41203	GOINFRA	SARJETA TRIANGULAR DE CONCRETO - STC 100-20	m	466,00
41209	GOINFRA	SARJETA TRIANGULAR DE CONCRETO - STC 108-25	m	1.611,00
41202	GOINFRA	SARJETA TRIANGULAR DE CONCRETO - STC 125-25	m	757,00
42445	GOINFRA	DESOBSTRUÇÃO DE BUEIROS	m³	405,09
42430	GOINFRA	LIMPEZA DE SARJETA	m	269,00
42480	GOINFRA	CAIAÇÃO (3 DEMÃOS)	m²	20.094,08

4.1.2.2– Dimensionamento hidráulico dos dispositivos de drenagem superficial

A metodologia do projeto para verificação da capacidade dos meios-fios e das sarjetas baseiam-se na determinação dos comprimentos críticos, os quais são obtidos por meio da equivalência de vazões entre o condutor e a bacia de contribuição (área de "implúvio"). Além disso, vale ressaltar que a análise para a inserção de novos meios-fios em aterros com altura superior a 1,50 m foi realizada com base no cadastro topográfico, nas curvas de nível e na necessidade da pista. Para os trechos novos, nos quais se indicou a implantação de dispositivos adicionais, bem como nos pontos baixos, optou-se pela utilização de meios-fios ou sarjetas, que possui maior capacidade e funcionalidade. Essa escolha também contribui para o aumento da velocidade de escoamento, resultando em valores acima dos estabelecidos pela norma e garantindo um direcionamento mais seguro da água para o trecho em estudo.

Nesse contexto, para a determinação dos comprimentos críticos das sarjetas, foi considerada a intensidade de precipitação para um período de 10 minutos de duração e um período de recorrência de 10 anos. Para o posto de Uhe Corumbá I Rio Piracanjuba – GO, a intensidade de precipitação correspondente foi de 165,4 mm/h.

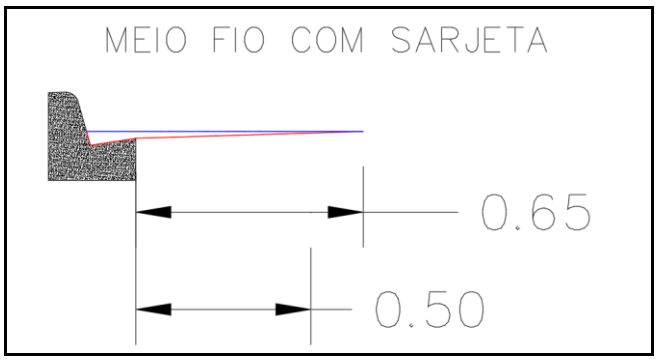
As vazões são calculadas através do método racional, pela fórmula:

$$Q = 0{,}278 \times 10^{-6} \times C \times I \times A$$

Onde:

Q = vazão de projeto, em m^3/s;
C = coeficiente de escoamento (adimensional);
I = intensidade de chuva, em mm/h; e,
A= área de contribuição, em m^2. Essa área corresponde ao produto do comprimento (comprimento crítico) pela largura “I” de “impluvium”.

Vale destacar que, conforme orienta o Manual de Drenagem de Rodovias (2006), o cálculo da área de contribuição dos meios-fios 01 e 03 também considerou metade da largura do acostamento existente, medido em campo e identificado em trechos com larguras de 1,00 m e 1,30 m. Dessa forma, foram utilizados, respetivamente, 0,50 m e 0,65 m no cálculo, conforme ilustrado na imagem apresentada abaixo.



Os coeficientes de “run-off” são ponderados para cada caso, a partir dos valores básicos:

* Pista de rolamento C = 0,90
* Taludes gramados C = 0,60

Conforme também estabelecido no Manual de Drenagem de Rodovias (2006), as velocidades nos condutores são calculadas pela fórmula de Manning, aliada à equação da continuidade:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

Onde:

V = velocidade, em m/s;
n = coeficiente de rugosidade de Manning;
R = raio hidráulico do condutor, em m;
I = declividade do condutor, em m/m.

$$Q = S \times V$$

onde:

Q = capacidade de vazão, em m^3/s;
S = seção de vazão do condutor, em m^2.

As vazões dos dispositivos, Qd, são determinadas pela equação:

$$Q_d = \frac{A.R^{2/3}.\sqrt{I}}{n}$$

Em que:
Qd = vazão do dispositivo (m^3 /s);
C = coeficiente de escoamento superficial (adimensional);
A = área de contribuição (m^2);
i = intensidade pluviométrica (mm/h).

Em relação ao atendimento das vazões de projeto, os trechos que possuem sarjetas foram submetidos a uma análise criteriosa, utilizando o critério de determinação do comprimento crítico. Esse procedimento visa assegurar que os elementos de drenagem estejam corretamente dimensionados e capazes de suportar as vazões previstas, garantindo a eficiência do sistema de escoamento pluvial.

A área de contribuição foi definida com base no comprimento do dispositivo (extensão) e na largura da semi-pista em segmentos em tangente, ou pela largura total da pista em segmentos localizados em curva.

Vazão de projeto Qc dada por:

$$Q_c = \frac{C.i.L.d}{3{,}6x10^6}$$

Sendo:
L = largura de contribuição (m);
d = comprimento do dispositivo (m).

Obtendo-se a fórmula para a vazão de contribuição por metro de dispositivo, Qe:

$$Q_e = \frac{C.i.L}{3{,}6x10^6}$$

Onde:
Qe = vazão de contribuição por metro de dispositivo.

Aplicando a metodologia descrita anteriormente, foram definidos os parâmetros de projeto para o cálculo dos comprimentos críticos das sarjetas e meios-fios, tanto os existentes quanto os projetados. Ressalta-se que os valores das declividades longitudinais foram obtidos a partir do greide atual da rodovia, o qual apresenta variações significativas ao longo do trecho, incluindo segmentos com declividades inferiores a 0,50%.
Diante dessas condições, considerou-se inicialmente a possibilidade de utilizar o meio-fio tipo MFC 03 em todos os pontos necessários. No entanto, devido às suas dimensões e à reduzida inclinação do greide, mesmo com a inclusão do acostamento, verificou-se que, em alguns trechos, a extensão dos dispositivos resultava em valores muito baixos, o que exigiria a instalação de múltiplos dispositivos de saída sempre que o comprimento crítico fosse atingido.
Com o objetivo de otimizar economicamente o projeto, optou-se, nesses casos, pela adoção do meio-fio tipo MFC 01, que possui maior capacidade de escoamento. Essa escolha possibilitou a redução no número de dispositivos de saída, tornando a solução mais viável tanto do ponto de vista técnico quanto financeiro.
Ainda assim, nos trechos com declividade inferior a 0,50%, foi necessário avaliar a indicação ou reconstrução de dispositivos, a fim de garantir a autolimpeza do pavimento e o escoamento adequado das águas pluviais. Nessas situações, mesmo quando o comprimento crítico era atendido com o meio-fio, verificou-se que a velocidade de escoamento permanecia abaixo do valor mínimo exigido pelas diretrizes da GOINFRA (0,60 m/s). Nesses casos, a adoção de sarjetas mostrou-se necessária, especialmente em pontos baixos, onde a instalação de dispositivos de saída é indispensável para assegurar o bom funcionamento do sistema de drenagem.
Sendo assim, segue abaixo os resultados obtidos:

Tabela 1: Comprimento Crítico MFC 03 existente (1,00 m de acostamento)

COMPRIMENTO CRÍTICO MEIO FIO 03																										
ESTACA						LADO	COMPRIMENTO	DECLIVIDADE (%)	LARGURA DE IMPLÚVIO (m)																	Velocidade (m/s)
INCIAL			FINAL						4,5	10	10	11	20	25	30	35	40	50	60	65	70	75	80			
15	+	18,00	17	+	10,00	LD	32,00	1,09	13,14	5,91	8,87	6,91	2,96	3,04	1,97	1,69	1,48	1,18	0,99	0,91	0,84	0,79	0,74	0,34		
14	+	5,00	14	+	12,00	LE	7,00	0,01	1,26	0,57	0,85	0,66	0,28	0,29	0,19	0,16	0,14	0,11	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,03		
14	+	19,00	18	+	12,00	LE	74,00	0,90	11,94	5,37	8,06	6,28	2,69	2,76	1,79	1,54	1,34	1,07	0,90	0,83	0,77	0,72	0,67	0,31		
212	+	13,00	216	+	4,00	LD	72,00	5,43	29,33	13,20	19,80	15,43	6,60	6,79	4,40	3,77	3,30	2,64	2,20	2,03	1,89	1,76	1,65	0,76		
225	+	3,00	226	+	9,00	LD	26,00	6,36	31,74	14,28	21,42	16,69	7,14	7,35	4,76	4,08	3,57	2,86	2,38	2,20	2,04	1,90	1,79	0,82		
257	+	19,00	259	+	15,00	LE	36,00	1,86	17,16	7,72	11,59	9,03	3,86	3,97	2,57	2,21	1,93	1,54	1,29	1,19	1,10	1,03	0,97	0,44		
267	+	14,00	269	+	3,00	LD	29,00	2,32	19,17	8,63	12,94	10,08	4,31	4,44	2,88	2,46	2,16	1,73	1,44	1,33	1,23	1,15	1,08	0,50		
286	+	5,00	286	+	9,00	LE	4,00	6,90	33,06	14,88	22,32	17,39	7,44	7,65	4,96	4,25	3,72	2,98	2,48	2,29	2,13	1,98	1,86	0,85		
286	+	10,00	286	+	14,00	LE	3,00	6,94	33,16	14,92	22,38	17,44	7,46	7,67	4,97	4,26	3,73	2,98	2,49	2,30	2,13	1,99	1,87	0,86		
COMPRIMENTO TOTAL							283,00 m	S = 0,0072m²	P = 0,6681m		RH^2/3 = 0,048m		C = 0,90		I = 165,4mm/h		TR = 10 anos		tc = 10 min		n = 0,015					

Tabela 2: Comprimento Crítico MFC 03 existente (1,30 m de acostamento)

COMPRIMENTO CRÍTICO MEIO FIO 03																							Velocidade (m/s)
ESTACA						LADO	COMPRIMENTO	DECLIVIDADE (%)	LARGURA DE IMPLÚVIO (m)														
INCIAL			FINAL						4,5	10	10	11	20	25	30	35	40	50	60	65	70	75	80	
702	+	0,00	704	+	6,00	LD	46,00	8,52	59,01	26,55	39,83	31,04	13,28	13,66	8,85	7,59	6,64	5,31	4,43	4,09	3,79	3,54	3,32	1,06
720	+	12,00	723	+	4,00	LE	50,00	8,33	58,35	26,26	39,39	30,69	13,13	13,50	8,75	7,50	6,56	5,25	4,38	4,04	3,75	3,50	3,28	1,04
723	+	7,00	725	+	13,00	LE	45,00	7,53	55,48	24,96	37,45	29,18	12,48	12,84	8,32	7,13	6,24	4,99	4,16	3,84	3,57	3,33	3,12	0,99
725	+	14,00	727	+	18,00	LE	44,00	7,04	53,64	24,14	36,21	28,21	12,07	12,41	8,05	6,90	6,03	4,83	4,02	3,71	3,45	3,22	3,02	0,96
728	+	1,00	730	+	17,00	LE	56,00	7,03	53,60	24,12	36,18	28,19	12,06	12,41	8,04	6,89	6,03	4,82	4,02	3,71	3,45	3,22	3,02	0,96
731	+	1,00	733	+	11,00	LE	50,00	7,70	56,10	25,24	37,87	29,51	12,62	12,98	8,41	7,21	6,31	5,05	4,21	3,88	3,61	3,37	3,16	1,00
733	+	12,00	745	+	9,00	LE	236,00	5,73	48,39	21,78	32,67	25,45	10,89	11,20	7,26	6,22	5,44	4,36	3,63	3,35	3,11	2,90	2,72	0,87
745	+	12,00	751	+	7,00	LE	114,00	2,32	30,79	13,86	20,79	16,20	6,93	7,13	4,62	3,96	3,46	2,77	2,31	2,13	1,98	1,85	1,73	0,55
854	+	8,00	856	+	16,00	LE	48,00	1,08	21,01	9,45	14,18	11,05	4,73	4,86	3,15	2,70	2,36	1,89	1,58	1,45	1,35	1,26	1,18	0,38
1295	+	15,00	1298	+	18,00	LD	63,00	0,97	19,91	8,96	13,44	10,47	4,48	4,61	2,99	2,56	2,24	1,79	1,49	1,38	1,28	1,19	1,12	0,36
1299	+	5,00	1302	+	18,00	LD	73,00	1,45	24,34	10,95	16,43	12,80	5,48	5,63	3,65	3,13	2,74	2,19	1,83	1,69	1,56	1,46	1,37	0,44
1303	+	0,00	1304	+	14,00	LD	34,00	3,25	36,45	16,40	24,60	19,17	8,20	8,43	5,47	4,69	4,10	3,28	2,73	2,52	2,34	2,19	2,05	0,65
1304	+	4,00	1306	+	12,00	LE	49,00	4,00	40,43	18,20	27,29	21,27	9,10	9,36	6,07	5,20	4,55	3,64	3,03	2,80	2,60	2,43	2,27	0,72
1356	+	4,00	1358	+	0,00	LE	36,00	1,66	26,05	11,72	17,58	13,70	5,86	6,03	3,91	3,35	2,93	2,34	1,95	1,80	1,67	1,56	1,47	0,47
1364	+	12,00	1379	+	3,00	LD	291,00	8,09	57,50	25,88	38,81	30,24	12,94	13,31	8,63	7,39	6,47	5,18	4,31	3,98	3,70	3,45	3,23	1,03
1371	+	12,00	1374	+	0,00	LE	48,00	8,50	58,94	26,52	39,79	31,00	13,26	13,64	8,84	7,58	6,63	5,30	4,42	4,08	3,79	3,54	3,32	1,05
1374	+	2,00	1378	+	5,00	LE	116,00	8,41	58,63	26,38	39,57	30,84	13,19	13,57	8,79	7,54	6,60	5,28	4,40	4,06	3,77	3,52	3,30	1,05
1425	+	12,00	1428	+	8,00	LD	57,00	3,78	39,31	17,69	26,53	20,67	8,84	9,10	5,90	5,05	4,42	3,54	2,95	2,72	2,53	2,36	2,21	0,70
1426	+	7,00	1429	+	12,00	LE	64,00	2,42	31,45	14,15	21,23	16,54	7,08	7,28	4,72	4,04	3,54	2,83	2,36	2,18	2,02	1,89	1,77	0,56
1428	+	11,00	1429	+	13,00	LD	23,00	0,87	18,86	8,49	12,73	9,92	4,24	4,36	2,83	2,42	2,12	1,70	1,41	1,31	1,21	1,13	1,06	0,34
1429	+	18,00	1433	+	3,00	LE	75,00	2,49	31,90	14,36	21,53	16,78	7,18	7,38	4,79	4,10	3,59	2,87	2,39	2,21	2,05	1,91	1,79	0,57
1429	+	18,00	1432	+	2,00	LD	44,00	1,76	26,82	12,07	18,10	14,11	6,03	6,21	4,02	3,45	3,02	2,41	2,01	1,86	1,72	1,61	1,51	0,48
1433	+	16,00	1443	+	5,00	LE	191,00	6,61	51,98	23,39	35,08	27,34	11,69	12,03	7,80	6,68	5,85	4,68	3,90	3,60	3,34	3,12	2,92	0,93
1504	+	6,00	1506	+	18,00	LE	52,00	2,68	33,10	14,89	22,34	17,41	7,45	7,66	4,96	4,26	3,72	2,98	2,48	2,29	2,13	1,99	1,86	0,59
1504	+	15,00	1506	+	6,00	LD	31,00	2,78	33,71	15,17	22,75	17,73	7,58	7,80	5,06	4,33	3,79	3,03	2,53	2,33	2,17	2,02	1,90	0,60
1506	+	8,00	1507	+	11,00	LD	23,00	0,87	18,86	8,49	12,73	9,92	4,24	4,36	2,83	2,42	2,12	1,70	1,41	1,31	1,21	1,13	1,06	0,34
1508	+	8,00	1509	+	16,00	LE	29,00	1,92	28,01	12,61	18,91	14,73	6,30	6,48	4,20	3,60	3,15	2,52	2,10	1,94	1,80	1,68	1,58	0,50
1553	+	2,00	1556	+	15,00	LD	73,00	3,97	40,28	18,13	27,19	21,19	9,06	9,32	6,04	5,18	4,53	3,63	3,02	2,79	2,59	2,42	2,27	0,72
1567	+	4,00	1576	+	3,00	LD	179,00	5,30	46,54	20,94	31,42	24,48	10,47	10,77	6,98	5,98	5,24	4,19	3,49	3,22	2,99	2,79	2,62	0,83
1568	+	11,00	1572	+	0,00	LE	71,00	5,30	46,54	20,94	31,42	24,48	10,47	10,77	6,98	5,98	5,24	4,19	3,49	3,22	2,99	2,79	2,62	0,83
1572	+	1,00	1573	+	19,00	LE	38,00	5,30	46,54	20,94	31,42	24,48	10,47	10,77	6,98	5,98	5,24	4,19	3,49	3,22	2,99	2,79	2,62	0,83
1584	+	0,00	1586	+	13,00	LE	52,00	6,50	51,54	23,19	34,79	27,11	11,60	11,93	7,73	6,63	5,80	4,64	3,87	3,57	3,31	3,09	2,90	0,92
1586	+	14,00	1590	+	9,00	LE	75,00	6,87	52,99	23,85	35,77	27,87	11,92	12,26	7,95	6,81	5,96	4,77	3,97	3,67	3,41	3,18	2,98	0,95
1590	+	12,00	1599	+	7,00	LE	175,00	6,61	51,98	23,39	35,08	27,34	11,69	12,03	7,80	6,68	5,85	4,68	3,90	3,60	3,34	3,12	2,92	0,93
1599	+	10,00	1601	+	5,00	LE	35,00	6,03	49,64	22,34	33,51	26,11	11,17	11,49	7,45	6,38	5,58	4,47	3,72	3,44	3,19	2,98	2,79	0,89
1601	+	8,00	1605	+	12,00	LE	84,00	3,03	35,19	15,84	23,75	18,51	7,92	8,14	5,28	4,52	3,96	3,17	2,64	2,44	2,26	2,11	1,98	0,63
1603	+	0,00	1605	+	12,00	LD	52,00	1,97	28,38	12,77	19,15	14,92	6,38	6,57	4,26	3,65	3,19	2,55	2,13	1,96	1,82	1,70	1,60	0,51
1605	+	19,00	1608	+	9,00	LD	50,00	2,85	34,13	15,36	23,04	17,95	7,68	7,90	5,12	4,39	3,84	3,07	2,56	2,36	2,19	2,05	1,92	0,61
1605	+	19,00	1609	+	1,00	LE	63,00	3,45	37,55	16,90	25,35	19,75	8,45	8,69	5,63	4,83	4,22	3,38	2,82	2,60	2,41	2,25	2,11	0,67
1609	+	3,00	1612	+	1,00	LE	57,00	6,96	53,34	24,00	36,00	28,05	12,00	12,34	8,00	6,86	6,00	4,80	4,00	3,69	3,43	3,20	3,00	0,95
1612	+	3,00	1621	+	11,00	LE	187,00	7,30	54,62	24,58	36,87	28,73	12,29	12,64	8,19	7,02	6,15	4,92	4,10	3,78	3,51	3,28	3,07	0,98
1612	+	18,00	1617	+	18,00	LD	101,00	7,27	54,51	24,53	36,79	28,67	12,26	12,62	8,18	7,01	6,13	4,91	4,09	3,77	3,50	3,27	3,07	0,98
1621	+	19,00	1624	+	2,00	LD	43,00	6,23	50,46	22,71	34,06	26,54	11,35	11,68	7,57	6,49	5,68	4,54	3,78	3,49	3,24	3,03	2,84	0,90
1621	+	13,00	1625	+	5,00	LE	72,00	6,03	49,64	22,34	33,51	26,11	11,17	11,49	7,45	6,38	5,58	4,47	3,72	3,44	3,19	2,98	2,79	0,89
1625	+	8,00	1627	+	8,00	LE	40,00	4,21	41,48	18,67	28,00	21,82	9,33	9,60	6,22	5,33	4,67	3,73	3,11	2,87	2,67	2,49	2,33	0,74
1641	+	2,00	1642	+	10,00	LD	28,00	0,46	13,71	6,17	9,26	7,21	3,09	3,17	2,06	1,76	1,54	1,23	1,03	0,95	0,88	0,82	0,77	0,25
1642	+	17,00	1646	+	3,00	LE	66,00	0,98	20,01	9,01	13,51	10,53	4,50	4,63	3,00	2,57	2,25	1,80	1,50	1,39	1,29	1,20	1,13	0,36
1682	+	4,00	1685	+	11,00	LD	67,00	1,66	26,05	11,72	17,58	13,70	5,86	6,03	3,91	3,35	2,93	2,34	1,95	1,80	1,67	1,56	1,47	0,47
1685	+	18,00	1692	+	9,00	LD	131,00	1,20	22,15	9,97	14,95	11,65	4,98	5,13	3,32	2,85	2,49	1,99	1,66	1,53	1,42	1,33	1,25	0,40
1725	+	18,00	1736	+	5,00	LD	187,00	1,14	21,59	9,71	14,57	11,35	4,86	5,00	3,24	2,78	2,43	1,94	1,62	1,49	1,39	1,30	1,21	0,39
1726	+	16,00	1734	+	7,00	LE	151,00	1,14	21,59	9,71	14,57	11,35	4,86	5,00	3,24	2,78	2,43	1,94	1,62	1,49	1,39	1,30	1,21	0,39
1766	+	9,00	1771	+	11,00	LD	102,00	2,08	29,16	13,12	19,68	15,34	6,56	6,75	4,37	3,75	3,28	2,62	2,19	2,02	1,87	1,75	1,64	0,52
1768	+	19,00	1772	+	0,00	LE	61,00	1,10	21,20	9,54	14,31	11,15	4,77	4,91	3,18	2,73	2,39	1,91	1,59	1,47	1,36	1,27	1,19	0,38
1771	+	17,00	1772	+	17,00	LD	21,00	0,13	7,29	3,28	4,92	3,83	1,64	1,69	1,09	0,94	0,82	0,66	0,55	0,50	0,47	0,44	0,41	0,13
1772	+	6,00	1772	+	14,00	LE	7,00	0,23	9,70	4,36	6,54	5,10	2,18	2,24	1,45	1,25	1,09	0,87	0,73	0,67	0,62	0,58	0,55	0,17
1871	+	3,00	1872	+	8,00	LD	25,00	1,07	20,91	9,41	14,12	11,00	4,71	4,84	3,14	2,69	2,35	1,88	1,57	1,45	1,34	1,25	1,18	0,37
1902	+	11,00	1910	+	9,00	LE	157,00	7,97	57,07	25,68	38,53	30,02	12,84	13,21	8,56	7,34	6,42	5,14	4,28	3,95	3,67	3,42	3,21	1,02
1917	+	15,00	1921	+	7,00	LD	72,00	5,81	48,73	21,93	32,89	25,63	10,96	11,28	7,31	6,27	5,48	4,39	3,65	3,37	3,13	2,92	2,74	0,87
1918	+	18,00	1923	+	17,00	LE	99,00	3,35	37,00	16,65	24,98	19,46	8,33	8,56	5,55	4,76	4,16	3,33	2,78	2,56	2,38	2,22	2,08	0,66
1921	+	10,00	1923	+	5,00	LD	35,00	1,89	27,79	12,51	18,76	14,62	6,25	6,43	4,17	3,57	3,13	2,50	2,08	1,92	1,79	1,67	1,56	0,50
1924	+	1,00	1936	+	9,00	LE	248,00	5,61	47,88	21,55	32,32	25,19	10,77	11,08	7,18	6,16	5,39	4,31	3,59	3,32	3,08	2,87	2,69	0,86
1925	+	2,00	1941	+	3,00	LD	320,00	5,78	48,60	21,87	32,81	25,56	10,94	11,25	7,29	6,25	5,47	4,37	3,65	3,36	3,12	2,92	2,73	0,87
1964	+	19,00	1990	+	9,00	LE	513,00	6,23	50,46	22,71	34,06	26,54	11,35	11,68	7,57	6,49	5,68	4,54	3,78	3,49	3,24	3,03	2,84	0,90
1966	+	7,00	1987	+	17,00	LE	430,00	6,67	52,21	23,50	35,24	27,46	11,75	12,08	7,83	6,71	5,87	4,70	3,92	3,61	3,36	3,13	2,94	0,93
1987	+	19,00	1988	+	18,00	LD	19,00	2,32	30,79	13,86	20,79	16,20	6,93	7,13	4,62	3,96	3,46	2,77	2,31	2,13	1,98	1,85	1,73	0,55
1989	+	1,00	1990	+	12,00	LD	32,00	1,24	22,51	10,13	15,20	11,84	5,07	5,21	3,38	2,89	2,53	2,03	1,69	1,56	1,45	1,35	1,27	0,40
COMPRIMENTO TOTAL							6206,00 m	S = 0,0104m²	P = 0,8229m		RH^2/3 = 0,054m		C = 0,90		I = 165,4mm/h		TR = 10 anos		tc = 10 min		n = 0,015		

Tabela 3: Comprimento Crítico MFC 03 projetado (1,30 m de acostamento)

COMPRIMENTO CRÍTICO MEIO FIO 03																								
ESTACA						LADO	COMPRIMENTO	DECLIVIDADE (%)	LARGURA DE IMPLÚVIO (m)															Velocidade (m/s)
INCIAL			FINAL						4,5	10	10	11	20	25	30	35	40	50	60	65	70	75	80	
700	+	13,00	701	+	12,00	LE	25,00	4,37	42,26	19,02	28,53	22,23	9,51	9,78	6,34	5,43	4,75	3,80	3,17	2,93	2,72	2,54	2,38	0,76
700	+	13,00	701	+	12,00	LD	25,00	4,37	42,26	19,02	28,53	22,23	9,51	9,78	6,34	5,43	4,75	3,80	3,17	2,93	2,72	2,54	2,38	0,76
702	+	0,00	704	+	6,00	LD	46,00	8,52	59,01	26,55	39,83	31,04	13,28	13,66	8,85	7,59	6,64	5,31	4,43	4,09	3,79	3,54	3,32	1,06
702	+	0,00	704	+	6,00	LE	46,00	8,52	59,01	26,55	39,83	31,04	13,28	13,66	8,85	7,59	6,64	5,31	4,43	4,09	3,79	3,54	3,32	1,06
1553	+	2,00	1554	+	17,00	LD	35,00	3,70	38,89	17,50	26,25	20,45	8,75	9,00	5,83	5,00	4,37	3,50	2,92	2,69	2,50	2,33	2,19	0,70
1555	+	0,00	1556	+	15,00	LD	35,00	4,25	41,68	18,76	28,13	21,92	9,38	9,65	6,25	5,36	4,69	3,75	3,13	2,89	2,68	2,50	2,34	0,75
COMPRIMENTO TOTAL							212,00 m	S = 0,0104m²	P = 0,8229m		RH^⅔ = 0,054m		C = 0,90		I = 165,4mm/h		TR = 10 anos		tc = 10 min		n = 0,015			

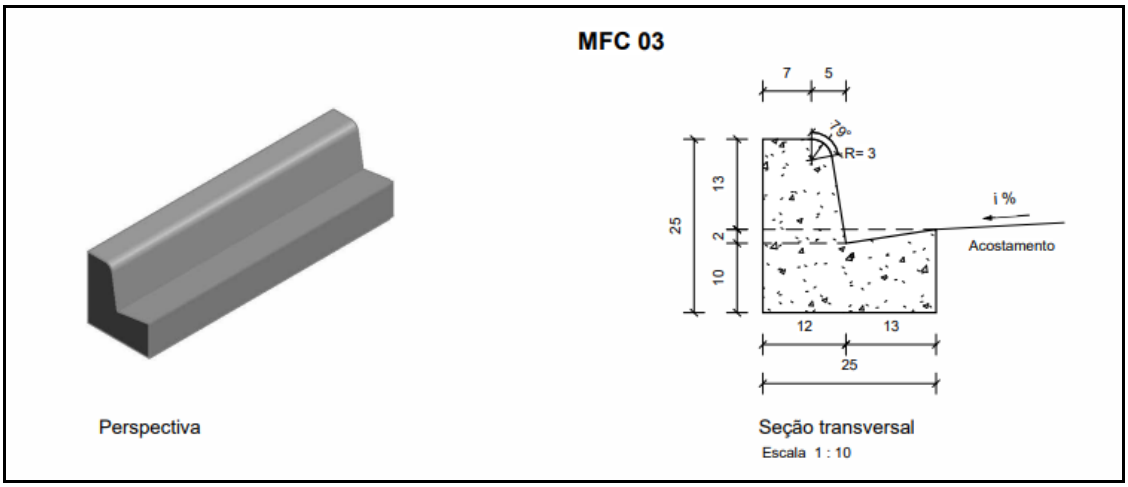


Tabela 4: Comprimento Crítico MFC 01 projetado (1,00 m de acostamento)

COMPRIMENTO CRÍTICO DE MEIO FIO 01																								
ESTACA						LADO	COMPRIMENTO (m)	DECLIVIDADE (%)	LARGURA DE IMPLÚVIO (m)															Velocidade (m/s)
INCIAL			FINAL						4,5	5	10	4	8	6,5	9	10	15	20	25	30	35	40	45	
212	+	13,00	216	+	4,00	LD	72,00	5,43	162,72	146,44	73,22	183,06	91,53	112,65	81,36	73,22	48,81	36,61	29,29	24,41	20,92	18,31	16,27	1,25
224	+	14,00	228	+	14,00	LE	80,00	5,48	163,46	147,12	73,56	183,90	91,95	113,17	81,73	73,56	49,04	36,78	29,42	24,52	21,02	18,39	16,35	1,25
225	+	3,00	228	+	18,00	LD	75,00	5,27	160,30	144,27	72,14	180,34	90,17	110,98	80,15	72,14	48,09	36,07	28,85	24,05	20,61	18,03	16,03	1,23
228	+	16,00	234	+	2,00	LE	80,00	1,93	97,01	87,31	43,65	109,13	54,57	67,16	48,50	43,65	29,10	21,83	17,46	14,55	12,47	10,91	9,70	0,74
229	+	0,00	234	+	2,00	LD	76,00	1,85	94,98	85,48	42,74	106,85	53,42	65,75	47,49	42,74	28,49	21,37	17,10	14,25	12,21	10,68	9,50	0,73
233	+	2,00	235	+	9,00	LD	47,00	1,26	78,32	70,49	35,24	88,11	44,05	54,22	39,16	35,24	23,50	17,62	14,10	11,75	10,07	8,81	7,83	0,60
233	+	2,00	235	+	9,00	LE	47,00	1,26	78,32	70,49	35,24	88,11	44,05	54,22	39,16	35,24	23,50	17,62	14,10	11,75	10,07	8,81	7,83	0,60
279	+	13,00	282	+	18,00	LE	65,00	1,25	78,07	70,26	35,13	87,83	43,91	54,05	39,04	35,13	23,42	17,57	14,05	11,71	10,04	8,78	7,81	0,60
283	+	3,00	286	+	9,00	LE	62,00	5,94	170,19	153,17	76,58	191,46	95,73	117,82	85,09	76,58	51,06	38,29	30,63	25,53	21,88	19,15	17,02	1,30
286	+	11,00	295	+	5,00	LE	175,00	6,94	183,95	165,56	82,78	206,95	103,47	127,35	91,98	82,78	55,19	41,39	33,11	27,59	23,65	20,69	18,40	1,41
COMPRIMENTO TOTAL							779,00 m	S = 0,0243m²	P = 1,0698m		RH^⅔ = 0,08m		C = 0,90		I = 165,4mm/h		TR = 10 anos		tc = 10 min		n = 0,015			

Tabela 5: Comprimento Crítico MFC 01 projetado (1,30 m de acostamento)

COMPRIMENTO CRÍTICO DE MEIO FIO 01																								Velocidade (m/s)
ESTACA						LADO	COMPRIMENTO (m)	DECLIVIDADE (%)	LARGURA DE IMPLÚVIO (m)															
INCIAL			FINAL						4,5	5	10	4	8	6,5	9	10	15	20	25	30	35	40	45	
514	+	10,00	515	+	10,00	LD	20,00	1,47	105,09	94,58	47,29	118,22	59,11	72,75	52,54	47,29	31,53	23,64	18,92	15,76	13,51	11,82	10,51	0,67
514	+	10,00	515	+	10,00	LE	20,00	1,47	105,09	94,58	47,29	118,22	59,11	72,75	52,54	47,29	31,53	23,64	18,92	15,76	13,51	11,82	10,51	0,67
515	+	16,00	516	+	16,00	LD	20,00	1,45	104,37	93,93	46,97	117,41	58,71	72,26	52,18	46,97	31,31	23,48	18,79	15,66	13,42	11,74	10,44	0,67
515	+	16,00	516	+	16,00	LE	20,00	1,45	104,37	93,93	46,97	117,41	58,71	72,26	52,18	46,97	31,31	23,48	18,79	15,66	13,42	11,74	10,44	0,67
720	+	12,00	733	+	11,00	LE	257,00	7,34	234,82	211,34	105,67	264,17	132,09	162,57	117,41	105,67	70,45	52,83	42,27	35,22	30,19	26,42	23,48	1,50
733	+	12,00	738	+	12,00	LE	100,00	6,92	228,00	205,20	102,60	256,50	128,25	157,85	114,00	102,60	68,40	51,30	41,04	34,20	29,31	25,65	22,80	1,45
738	+	14,00	743	+	5,00	LE	90,00	5,34	200,29	180,26	90,13	225,33	112,66	138,66	100,14	90,13	60,09	45,07	36,05	30,04	25,75	22,53	20,03	1,28
743	+	7,00	746	+	17,00	LE	70,00	3,56	163,54	147,18	73,59	183,98	91,99	113,22	81,77	73,59	49,06	36,80	29,44	24,53	21,03	18,40	16,35	1,04
747	+	0,00	749	+	15,00	LE	55,00	2,20	128,56	115,70	57,85	144,63	72,31	89,00	64,28	57,85	38,57	28,93	23,14	19,28	16,53	14,46	12,86	0,82
749	+	18,00	752	+	12,00	LE	53,00	1,89	119,16	107,24	53,62	134,05	67,03	82,49	59,58	53,62	35,75	26,81	21,45	17,87	15,32	13,41	11,92	0,76
752	+	15,00	754	+	13,00	LE	38,00	1,89	119,16	107,24	53,62	134,05	67,03	82,49	59,58	53,62	35,75	26,81	21,45	17,87	15,32	13,41	11,92	0,76
842	+	18,00	850	+	16,00	LE	158,00	3,39	159,58	143,62	71,81	179,53	89,77	110,48	79,79	71,81	47,87	35,91	28,72	23,94	20,52	17,95	15,96	1,02
842	+	18,00	850	+	16,00	LD	158,00	3,39	159,58	143,62	71,81	179,53	89,77	110,48	79,79	71,81	47,87	35,91	28,72	23,94	20,52	17,95	15,96	1,02
850	+	18,00	855	+	7,00	LD	89,00	1,25	96,90	87,21	43,61	109,02	54,51	67,09	48,45	43,61	29,07	21,80	17,44	14,54	12,46	10,90	9,69	0,62
850	+	18,00	855	+	13,00	LE	95,00	1,25	96,90	87,21	43,61	109,02	54,51	67,09	48,45	43,61	29,07	21,80	17,44	14,54	12,46	10,90	9,69	0,62
1299	+	5,00	1302	+	18,00	LD	73,00	1,45	104,37	93,93	46,97	117,41	58,71	72,26	52,18	46,97	31,31	23,48	18,79	15,66	13,42	11,74	10,44	0,67
1303	+	0,00	1304	+	14,00	LD	34,00	3,25	156,25	140,63	70,31	175,78	87,89	108,18	78,13	70,31	46,88	35,16	28,13	23,44	20,09	17,58	15,63	1,00
1304	+	4,00	1306	+	12,00	LE	49,00	4,00	173,35	156,01	78,01	195,02	97,51	120,01	86,67	78,01	52,00	39,00	31,20	26,00	22,29	19,50	17,33	1,10
1356	+	4,00	1358	+	0,00	LE	36,00	1,66	111,67	100,50	50,25	125,63	62,81	77,31	55,84	50,25	33,50	25,13	20,10	16,75	14,36	12,56	11,17	0,71
1364	+	12,00	1373	+	12,00	LD	180,00	8,01	245,30	220,77	110,39	275,97	137,98	169,83	122,65	110,39	73,59	55,19	44,15	36,80	31,54	27,60	24,53	1,56
1373	+	15,00	1379	+	3,00	LD	109,00	8,23	248,65	223,78	111,89	279,73	139,86	172,14	124,32	111,89	74,59	55,95	44,76	37,30	31,97	27,97	24,86	1,58
1371	+	12,00	1374	+	0,00	LE	48,00	8,50	252,69	227,43	113,71	284,28	142,14	174,94	126,35	113,71	75,81	56,86	45,49	37,90	32,49	28,43	25,27	1,61
1374	+	2,00	1378	+	5,00	LE	116,00	8,41	251,35	226,22	113,11	282,77	141,39	174,01	125,68	113,11	75,41	56,55	45,24	37,70	32,32	28,28	25,14	1,60
1425	+	12,00	1429	+	13,00	LD	82,00	2,90	147,60	132,84	66,42	166,05	83,02	102,18	73,80	66,42	44,28	33,21	26,57	22,14	18,98	16,60	14,76	0,94
1426	+	7,00	1429	+	12,00	LE	64,00	2,42	134,83	121,35	60,67	151,69	75,84	93,35	67,42	60,67	40,45	30,34	24,27	20,22	17,34	15,17	13,48	0,86
1429	+	18,00	1433	+	3,00	LE	75,00	2,49	136,77	123,09	61,55	153,86	76,93	94,69	68,38	61,55	41,03	30,77	24,62	20,52	17,58	15,39	13,68	0,87
1429	+	18,00	1432	+	2,00	LD	44,00	1,76	114,99	103,49	51,74	129,36	64,68	79,61	57,49	51,74	34,50	25,87	20,70	17,25	14,78	12,94	11,50	0,73
1433	+	16,00	1443	+	5,00	LE	191,00	6,61	222,84	200,55	100,28	250,69	125,35	154,27	111,42	100,28	66,85	50,14	40,11	33,43	28,65	25,07	22,28	1,42
1504	+	6,00	1507	+	10,00	LE	64,00	2,29	131,16	118,04	59,02	147,56	73,78	90,80	65,58	59,02	39,35	29,51	23,61	19,67	16,86	14,76	13,12	0,84
1504	+	15,00	1507	+	10,00	LD	55,00	1,99	122,27	110,04	55,02	137,55	68,78	84,65	61,13	55,02	36,68	27,51	22,01	18,34	15,72	13,76	12,23	0,78
1507	+	16,00	1509	+	16,00	LE	40,00	1,52	106,86	96,17	48,09	120,22	60,11	73,98	53,43	48,09	32,06	24,04	19,23	16,03	13,74	12,02	10,69	0,68
1567	+	4,00	1576	+	3,00	LD	179,00	5,30	199,54	179,58	89,79	224,48	112,24	138,14	99,77	89,79	59,86	44,90	35,92	29,93	25,65	22,45	19,95	1,27
1568	+	11,00	1572	+	0,00	LE	71,00	5,30	199,54	179,58	89,79	224,48	112,24	138,14	99,77	89,79	59,86	44,90	35,92	29,93	25,65	22,45	19,95	1,27
1572	+	1,00	1573	+	19,00	LE	38,00	5,30	199,54	179,58	89,79	224,48	112,24	138,14	99,77	89,79	59,86	44,90	35,92	29,93	25,65	22,45	19,95	1,27
1584	+	0,00	1586	+	13,00	LE	52,00	6,50	220,97	198,88	99,44	248,60	124,30	152,98	110,49	99,44	66,29	49,72	39,78	33,15	28,41	24,86	22,10	1,41
1586	+	14,00	1590	+	9,00	LE	75,00	6,87	227,18	204,46	102,23	255,57	127,79	157,28	113,59	102,23	68,15	51,11	40,89	34,08	29,21	25,56	22,72	1,45
1590	+	12,00	1599	+	7,00	LE	175,00	6,61	222,84	200,55	100,28	250,69	125,35	154,27	111,42	100,28	66,85	50,14	40,11	33,43	28,65	25,07	22,28	1,42
1599	+	10,00	1601	+	5,00	LE	35,00	6,03	212,84	191,55	95,78	239,44	119,72	147,35	106,42	95,78	63,85	47,89	38,31	31,93	27,36	23,94	21,28	1,36
1601	+	8,00	1605	+	12,00	LE	84,00	3,03	150,87	135,78	67,89	169,73	84,87	104,45	75,44	67,89	45,26	33,95	27,16	22,63	19,40	16,97	15,09	0,96
1603	+	0,00	1605	+	12,00	LD	52,00	1,97	121,65	109,49	54,74	136,86	68,43	84,22	60,83	54,74	36,50	27,37	21,90	18,25	15,64	13,69	12,17	0,78
1605	+	19,00	1608	+	9,00	LD	50,00	2,85	146,32	131,69	65,84	164,61	82,31	101,30	73,16	65,84	43,90	32,92	26,34	21,95	18,81	16,46	14,63	0,93
1605	+	19,00	1609	+	1,00	LE	63,00	3,45	160,99	144,89	72,44	181,11	90,56	111,45	80,49	72,44	48,30	36,22	28,98	24,15	20,70	18,11	16,10	1,03
1609	+	3,00	1612	+	1,00	LE	57,00	6,96	228,66	205,79	102,90	257,24	128,62	158,30	114,33	102,90	68,60	51,45	41,16	34,30	29,40	25,72	22,87	1,46
1612	+	3,00	1621	+	11,00	LE	187,00	7,30	234,18	210,76	105,38	263,45	131,73	162,12	117,09	105,38	70,25	52,69	42,15	35,13	30,11	26,35	23,42	1,49
1612	+	18,00	1617	+	18,00	LD	101,00	7,27	233,70	210,33	105,16	262,91	131,45	161,79	116,85	105,16	70,11	52,58	42,07	35,05	30,05	26,29	23,37	1,49
1621	+	19,00	1624	+	2,00	LD	43,00	6,23	216,34	194,70	97,35	243,38	121,69	149,77	108,17	97,35	64,90	48,68	38,94	32,45	27,81	24,34	21,63	1,38
1621	+	13,00	1625	+	5,00	LE	72,00	6,03	212,84	191,55	95,78	239,44	119,72	147,35	106,42	95,78	63,85	47,89	38,31	31,93	27,36	23,94	21,28	1,36
1625	+	8,00	1627	+	8,00	LE	40,00	4,21	177,84	160,06	80,03	200,07	100,03	123,12	88,92	80,03	53,35	40,01	32,01	26,68	22,87	20,01	17,78	1,13
1682	+	4,00	1686	+	18,00	LD	94,00	1,23	96,13	86,51	43,26	108,14	54,07	66,55	48,06	43,26	28,84	21,63	17,30	14,42	12,36	10,81	9,61	0,61
1689	+	16,00	1692	+	9,00	LD	53,00	2,25	130,01	117,01	58,50	146,26	73,13	90,01	65,01	58,50	39,00	29,25	23,40	19,50	16,72	14,63	13,00	0,83
1725	+	18,00	1731	+	12,00	LD	114,00	2,27	130,59	117,53	58,76	146,91	73,46	90,41	65,29	58,76	39,18	29,38	23,51	19,59	16,79	14,69	13,06	0,83
1726	+	16,00	1731	+	12,00	LE	96,00	1,92	120,10	108,09	54,04	135,11	67,56	83,14	60,05	54,04	36,03	27,02	21,62	18,01	15,44	13,51	12,01	0,77
1917	+	15,00	1921	+	7,00	LD	72,00	5,81	208,92	188,03	94,01	235,03	117,52	144,64	104,46	94,01	62,68	47,01	37,61	31,34	26,86	23,50	20,89	1,33
1918	+	18,00	1923	+	13,00	LE	95,00	3,41	160,05	144,05	72,02	180,06	90,03	110,81	80,03	72,02	48,02	36,01	28,81	24,01	20,58	18,01	16,01	1,02
1923	+	16,00	1928	+	16,00	LE	100,00	3,55	163,31	146,97	73,49	183,72	91,86	113,06	81,65	73,49	48,99	36,74	29,39	24,50	21,00	18,37	16,33	1,04
1925	+	2,00	1932	+	12,00	LD	150,00	5,31	199,73	179,75	89,88	224,69	112,35	138,27	99,86	89,88	59,92	44,94	35,95	29,96	25,68	22,47	19,97	1,27
1928	+	19,00	1936	+	9,00	LE	150,00	6,78	225,68	203,12	101,56	253,89	126,95	156,24	112,84	101,56	67,71	50,78	40,62	33,85	29,02	25,39	22,57	1,44
1932	+	15,00	1941	+	3,00	LD	167,00	5,89	210,35	189,32	94,66	236,64	118,32	145,63	105,18	94,66	63,11	47,33	37,86	31,55	27,05	23,66	21,04	1,34
1964	+	19,00	1974	+	19,00	LE	200,00	7,38	235,46	211,91	105,96	264,89	132,45	163,01	117,73	105,96	70,64	52,98	42,38	35,32	30,27	26,49	23,55	1,50
1966	+	7,00	1977	+	7,00	LD	220,00	7,30	234,18	210,76	105,38	263,45	131,73	162,12	117,09	105,38	70,25	52,69	42,15	35,13	30,11	26,35	23,42	1,49
1975	+	2,00	1982	+	17,00	LE	155,00	7,21	232,73	209,46	104,73	261,82	130,91	161,12	116,37	104,73	69,82	52,36	41,89	34,91	29,92	26,18	23,27	1,48
1977	+	10,00	1987	+	17,00	LD	207,00	5,98	211,95	190,76	95,38	238,45	119,22	146,74	105,98	95,38	63,59	47,69	38,15	31,79	27,25	23,84	21,20	1,35
1983	+	0,00	1990	+	9,00	LE	150,00	3,62	164,91	148,42	74,21	185,52	92,76	114,17	82,45	74,21	49,47	37,10	29,68	24,74	21,20	18,55	16,49	1,05
1987	+	19,00	1990	+	9,00	LD	50,00	1,73	114,00	102,60	51,30	128,25	64,13	78,92	57,00	51,30	34,20	25,65	20,52	17,10	14,66	12,83	11,40	0,73
COMPRIMENTO TOTAL							5950,00 m	S = 0,0292m²	P = 1,2245m		RH^1/3 = 0,082m		C = 0,90		I = 165,4mm/h		TR = 10 anos		tc = 10 min		n = 0,015			

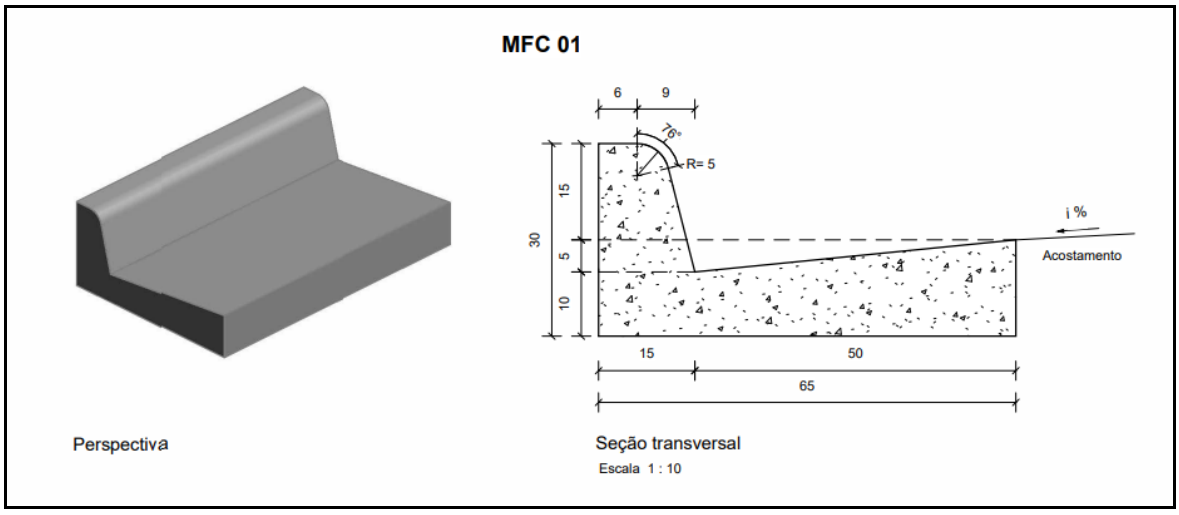


Tabela 6: Comprimento Crítico STC 73-15

COMPRIMENTO CRÍTICO DA SARJETA DE CORTE TIPO STC 73/15																											Velocidade (m/s)
ESTACA					LADO	COMPRIMENTO	DECLIVIDADE (%)	LARGURA DE IMPLÚVIO (m)																			
INICIAL			FINAL					4,5	8	9	10	11	20	25	30	35	40	50	60	65	70	75	80				
220	+ 14,00	224	+ 16,00		LE	82,00	6,27	1.096,02	616,51	548,01	739,81	576,48	246,60	253,65	164,40	140,92	123,30	98,64	82,20	75,88	70,46	65,76	61,65	3,00			
267	+ 14,00	269	+ 3,00		LD	29,00	2,31	665,26	374,21	332,63	449,05	349,91	149,68	153,96	99,79	85,53	74,84	59,87	49,89	46,06	42,77	39,92	37,42	1,82			
295	+ 6,00	307	+ 8,00		LD	243,00	3,30	795,14	447,26	397,57	536,72	418,22	178,91	184,02	119,27	102,23	89,45	71,56	59,64	55,05	51,12	47,71	44,73	2,18			
295	+ 11,00	307	+ 8,00		LE	238,00	3,23	786,66	442,49	393,33	530,99	413,76	177,00	182,05	118,00	101,14	88,50	70,80	59,00	54,46	50,57	47,20	44,25	2,15			
307	+ 8,00	316	+ 5,00		LD	178,00	2,10	634,30	356,79	317,15	428,15	333,62	142,72	146,79	95,14	81,55	71,36	57,09	47,57	43,91	40,78	38,06	35,68	1,74			
307	+ 8,00	316	+ 5,00		LE	177,00	2,10	634,30	356,79	317,15	428,15	333,62	142,72	146,79	95,14	81,55	71,36	57,09	47,57	43,91	40,78	38,06	35,68	1,74			
329	+ 3,00	330	+ 3,00		LD	20,00	0,31	243,71	137,08	121,85	164,50	128,18	54,83	56,40	36,56	31,33	27,42	21,93	18,28	16,87	15,67	14,62	13,71	0,67			
329	+ 3,00	330	+ 3,00		LE	20,00	0,31	243,71	137,08	121,85	164,50	128,18	54,83	56,40	36,56	31,33	27,42	21,93	18,28	16,87	15,67	14,62	13,71	0,67			
330	+ 9,00	331	+ 9,00		LD	20,00	0,31	243,71	137,08	121,85	164,50	128,18	54,83	56,40	36,56	31,33	27,42	21,93	18,28	16,87	15,67	14,62	13,71	0,67			
330	+ 9,00	331	+ 9,00		LE	20,00	0,31	243,71	137,08	121,85	164,50	128,18	54,83	56,40	36,56	31,33	27,42	21,93	18,28	16,87	15,67	14,62	13,71	0,67			
396	+ 8,00	397	+ 8,00		LE	20,00	0,28	231,61	130,28	115,81	156,34	121,82	52,11	53,60	34,74	29,78	26,06	20,85	17,37	16,03	14,89	13,90	13,03	0,63			
397	+ 15,00	398	+ 15,00		LE	20,00	0,28	231,61	130,28	115,81	156,34	121,82	52,11	53,60	34,74	29,78	26,06	20,85	17,37	16,03	14,89	13,90	13,03	0,63			
422	+ 18,00	428	+ 4,00		LD	115,00	3,78	851,00	478,69	425,50	574,43	447,60	191,48	196,95	127,65	109,41	95,74	76,59	63,83	58,92	54,71	51,06	47,87	2,33			
423	+ 15,00	429	+ 3,00		LE	112,00	3,23	786,66	442,49	393,33	530,99	413,76	177,00	182,05	118,00	101,14	88,50	70,80	59,00	54,46	50,57	47,20	44,25	2,15			
507	+ 10,00	511	+ 12,00		LE	85,00	6,30	1.098,64	617,98	549,32	741,58	577,85	247,19	254,26	164,80	141,25	123,60	98,88	82,40	76,06	70,63	65,92	61,80	3,01			
587	+ 16,00	608	+ 14,00		LE	431,00	4,87	965,94	543,34	482,97	652,01	508,06	217,34	223,55	144,89	124,19	108,67	86,93	72,45	66,87	62,10	57,96	54,33	2,64			
591	+ 7,00	598	+ 17,00		LD	150,00	4,20	897,03	504,58	448,52	605,50	471,82	201,83	207,60	134,56	115,33	100,92	80,73	67,28	62,10	57,67	53,82	50,46	2,45			
599	+ 3,00	607	+ 2,00		LD	164,00	5,15	993,32	558,74	496,66	670,49	522,46	223,50	229,88	149,00	127,71	111,75	89,40	74,50	68,77	63,86	59,60	55,87	2,72			
624	+ 2,00	625	+ 2,00		LD	20,00	0,75	379,07	213,22	189,53	255,87	199,38	85,29	87,73	56,86	48,74	42,64	34,12	28,43	26,24	24,37	22,74	21,32	1,04			
624	+ 2,00	625	+ 2,00		LE	20,00	0,75	379,07	213,22	189,53	255,87	199,38	85,29	87,73	56,86	48,74	42,64	34,12	28,43	26,24	24,37	22,74	21,32	1,04			
625	+ 8,00	626	+ 8,00		LD	20,00	0,77	384,09	216,05	192,04	259,26	202,02	86,42	88,89	57,61	49,38	43,21	34,57	28,81	26,59	24,69	23,05	21,60	1,05			
625	+ 8,00	626	+ 8,00		LE	20,00	0,77	384,09	216,05	192,04	259,26	202,02	86,42	88,89	57,61	49,38	43,21	34,57	28,81	26,59	24,69	23,05	21,60	1,05			
698	+ 7,00	699	+ 7,00		LE	20,00	0,79	389,04	218,84	194,52	262,60	204,63	87,53	90,04	58,36	50,02	43,77	35,01	29,18	26,93	25,01	23,34	21,88	1,06			
698	+ 7,00	699	+ 7,00		LD	20,00	0,79	389,04	218,84	194,52	262,60	204,63	87,53	90,04	58,36	50,02	43,77	35,01	29,18	26,93	25,01	23,34	21,88	1,06			
699	+ 10,00	704	+ 9,00		LE	98,00	1,43	523,42	294,43	261,71	353,31	275,31	117,77	121,13	78,51	67,30	58,89	47,11	39,26	36,24	33,65	31,41	29,44	1,43			
699	+ 10,00	704	+ 6,00		LD	95,00	1,43	523,42	294,43	261,71	353,31	275,31	117,77	121,13	78,51	67,30	58,89	47,11	39,26	36,24	33,65	31,41	29,44	1,43			
633	+ 12,00	651	+ 10,00		LD	358,00	8,40	1.268,60	713,59	634,30	856,30	667,25	285,43	293,59	190,29	163,11	142,72	114,17	95,14	87,83	81,55	76,12	71,36	3,47			
638	+ 13,00	650	+ 11,00		LE	240,00	7,76	1.219,31	685,86	609,66	823,04	641,33	274,35	282,18	182,90	156,77	137,17	109,74	91,45	84,41	78,38	73,16	68,59	3,34			
679	+ 10,00	692	+ 11,00		LE	261,00	4,50	928,52	522,29	464,26	626,75	488,38	208,92	214,89	139,28	119,38	104,46	83,57	69,64	64,28	59,69	55,71	52,23	2,54			
876	+ 1,00	880	+ 14,00		LD	39,00	6,51	1.116,80	628,20	558,40	753,84	587,41	251,28	258,46	167,52	143,59	125,64	100,51	83,76	77,32	71,79	67,01	62,82	3,06			
893	+ 1,00	894	+ 1,00		LD	20,00	0,27	227,44	127,93	113,72	153,52	119,63	51,17	52,64	34,12	29,24	25,59	20,47	17,06	15,75	14,62	13,65	12,79	0,62			
894	+ 7,00	895	+ 7,00		LD	20,00	0,27	227,44	127,93	113,72	153,52	119,63	51,17	52,64	34,12	29,24	25,59	20,47	17,06	15,75	14,62	13,65	12,79	0,62			
901	+ 7,00	909	+ 14,00		LD	170,00	2,65	712,54	400,80	356,27	480,96	374,78	160,32	164,90	106,88	91,61	80,16	64,13	53,44	49,33	45,81	42,75	40,08	1,95			
901	+ 19,00	909	+ 14,00		LE	159,00	2,55	698,96	393,17	349,48	471,80	367,64	157,27	161,76	104,84	89,87	78,63	62,91	52,42	48,39	44,93	41,94	39,32	1,91			
931	+ 12,00	935	+ 12,00		LD	81,00	5,63	1038,58	584,20	519,29	701,04	546,26	233,68	240,36	155,79	133,53	116,84	93,47	77,89	71,90	66,77	62,31	58,42	2,84			
955	+ 11,00	956	+ 11,00		LE	20,00	1,07	452,77	254,68	226,38	305,62	238,14	101,87	104,78	67,92	58,21	50,94	40,75	33,96	31,35	29,11	27,17	25,47	1,24			
955	+ 11,00	956	+ 11,00		LD	20,00	1,07	452,77	254,68	226,38	305,62	238,14	101,87	104,78	67,92	58,21	50,94	40,75	33,96	31,35	29,11	27,17	25,47	1,24			
956	+ 18,00	957	+ 18,00		LE	20,00	1,04	446,38	251,09	223,19	301,30	234,78	100,43	103,30	66,96	57,39	50,22	40,17	33,48	30,90	28,70	26,78	25,11	1,22			
956	+ 18,00	957	+ 18,00		LD	20,00	1,04	446,38	251,09	223,19	301,30	234,78	100,43	103,30	66,96	57,39	50,22	40,17	33,48	30,90	28,70	26,78	25,11	1,22			
964	+ 4,00	972	+ 16,00		LE	172,00	2,77	728,49	409,78	364,25	491,73	383,17	163,91	168,59	109,27	93,66	81,96	65,56	54,64	50,43	46,83	43,71	40,98	1,99			
965	+ 1,00	973	+ 4,00		LD	163,00	2,39	676,68	380,63	338,34	456,76	355,92	152,25	156,60	101,50	87,00	76,13	60,90	50,75	46,85	43,50	40,60	38,06	1,85			
1124	+ 12,00	1125	+ 12,00		LE	20,00	0,37	266,25	149,76	133,12	179,72	140,04	59,91	61,62	39,94	34,23	29,95	23,96	19,97	18,43	17,12	15,97	14,98	0,73			
1124	+ 12,00	1125	+ 12,00		LD	20,00	0,37	266,25	149,76	133,12	179,72	140,04	59,91	61,62	39,94	34,23	29,95	23,96	19,97	18,43	17,12	15,97	14,98	0,73			
1125	+ 18,00	1126	+ 18,00		LE	20,00	0,37	266,25	149,76	133,12	179,72	140,04	59,91	61,62	39,94	34,23	29,95	23,96	19,97	18,43	17,12	15,97	14,98	0,73			
1125	+ 18,00	1126	+ 18,00		LD	20,00	0,37	266,25	149,76	133,12	179,72	140,04	59,91	61,62	39,94	34,23	29,95	23,96	19,97	18,43	17,12	15,97	14,98	0,73			
1172	+ 8,00	1208	+ 17,00		LE	725,00	3,18	780,54	439,06	390,27	526,87	410,55	175,62	180,64	117,08	100,36	87,81	70,25	58,54	54,04	50,18	46,83	43,91	2,14			
1212	+ 2,00	1216	+ 11,00		LE	88,00	0,80	391,50	220,22	195,75	264,26	205,92	88,09	90,60	58,72	50,34	44,04	35,23	29,36	27,10	25,17	23,49	22,02	1,07			
1216	+ 13,00	1220	+ 8,00		LE	73,00	0,57	330,46	185,88	165,23	223,06	173,81	74,35	76,48	49,57	42,49	37,18	29,74	24,78	22,88	21,24	19,83	18,59	0,90			
1215	+ 0,00	1218	+ 14,00		LD	74,00	0,78	386,57	217,45	193,29	260,94	203,33	86,98	89,46	57,99	49,70	43,49	34,79	28,99	26,76	24,85	23,19	21,74	1,06			
1218	+ 17,00	1220	+ 8,00		LD	32,00	0,32	247,60	139,28	123,80	167,13	130,23	55,71	57,30	37,14	31,83	27,86	22,28	18,57	17,14	15,92	14,86	13,93	0,68			
1241	+ 3,00	1245	+ 7,00		LD	84,00	4,00	875,42	492,42	437,71	590,91	460,45	196,97	202,60	131,31	112,55	98,48	78,79	65,66	60,61	56,28	52,52	49,24	2,40			
1295	+ 15,00	1298	+ 18,00		LD	63,00	0,97	431,09	242,49	215,55	290,99	226,74	97,00	99,77	64,66	55,43	48,50	38,80	32,33	29,84	27,71	25,87	24,25	1,18			
1297	+ 13,00	1298	+ 13,00		LE	20,00	0,44	290,34	163,32	145,17	195,98	152,71	65,33	67,19	43,55	37,33	32,66	26,13	21,78	20,10	18,66	17,42	16,33	0,79			
1299	+ 0,00	1300	+ 0,00		LE	20,00	0,43	287,02	161,45	143,51	193,74	150,97	64,58	66,43	43,05	36,90	32,29	25,83	21,53	19,87	18,45	17,22	16,15	0,79			
1306	+ 15,00	1313	+ 13,00		LE	138,00	4,15	891,68	501,57	445,84	601,88	469,00	200,63	206,36	133,75	114,64	100,31	80,25	66,88	61,73	57,32	53,50	50,16	2,44			
1341	+ 13,00	1342	+ 13,00		LE	20,00	0,31	243,71	137,08	121,85	164,50	128,18	54,83	56,40	36,56	31,33	27,42	21,93	18,28	16,87	15,67	14,62	13,71	0,67			
1343	+ 0,00	1344	+ 0,00		LE	20,00	0,42	283,67	159,56	141,83	191,48	149,20	63,83	65,65	42,55	36,47	31,91	25,53	21,28	19,64	18,24	17,02	15,96	0,78			
1365	+ 6,00	1369	+ 1,00		LE	74,00	7,58	1.205,09	677,86	602,54	813,43	633,85	271,14	278,89	180,76	154,94	135,57	108,46	90,38	83,43	77,47	72,31	67,79	3,30			
1415	+ 15,00	1426	+ 7,00		LE	215,00	4,00	875,42	492,42	437,71	590,91	460,45	196,97	202,60	131,31	112,55	98,48	78,79	65,66	60,61	56,28	52,52	49,24	2,40			
1467	+ 7,00	1468	+ 7,00		LE	20,00	0,74	376,53	211,80	188,27	254,16	198,05	84,72	87,14	56,48	48,41	42,36	33,89	28,24	26,07	24,21	22,59	21,18	1,03			
1467	+ 7,00	1468	+ 7,00		LD	20,00	0,74	376,53	211,80	188,27	254,16	198,05	84,72	87,14	56,48	48,41	42,36	33,89	28,24	26,07	24,21	22,59	21,18	1,03			
1469	+ 13,00	1470	+ 13,00		LE	20,00	0,29	235,71	132,59	117,86	159,11	123,98	53,04	54,55	35,36	30,31	26,52	21,21	17,68	16,32	15,15	14,14	13,26	0,65			
1469	+ 13,00	1470	+ 13,00		LD	20,00	0,29	235,71	132,59	117,86	159,11	123,98	53,04	54,55	35,36	30,31	26,52	21,21	17,68	16,32	15,15	14,14	13,26	0,65			
1507	+ 16,00	1508	+ 16,00		LD	20,00	0,87	408,27	229,65	204,13	275,58	214,74	91,86	94,48	61,24	52,49	45,93	36,74	30,62	28,26	26,25	24,50	22,96	1,12			
1509	+ 4,00	1527	+ 4,00		LD	360,00	5,47	1.023,71	575,84	511,86	691,01	538,45	230,34	236,92	153,56	131,62	115,17	92,13	76,78	70,87	65,81	61,42	57,58	2,80			
1509	+ 15,00	1527	+ 3,00		LE	350,00	5,47	1.023,71	575,84	511,86	691,01	538,45	230,34	236,92	153,56	131,62	115,17	92,13	76,78	70,87	65,81	61,42	57,58	2,80			
1586	+ 14,00	1590	+ 9,00		LE	75,00	6,87	1.147,26	645,33	573,63	774,40	603,43	258,13	265,51	172,09	147,51	129,07	103,25	86,04	79,43	73,75	68,84	64,53	3,14			
1590	+ 12,00	1599	+ 7,00		LE	175,00	6,61	1.125,34	633,01	562,67	759,61	591,90	253,20	260,44	168,80	144,69	126,60	101,28	84,40	77,91	72,34	67,52	63,30	3,08			
1608	+ 8,00	1611	+ 8,00		LD	60,00	6,49	1.115,08	627,23	557,54	752,68	586,50	250,89	258,06	167,26	143,37	125,45	100,36	83,63	77,20	71,68	66,90	62,72	3,05			
1634	+ 7,00	1642	+ 10,00		LE	163,00	8,79	1.297,71	729,96	648,86	875,96	682,56	291,99	300,33	194,66	166,85	145,99	116,79	97,33	89,84	83,42	77,86	73,00	3,55			
1637	+ 7,00	1641	+ 1,00		LD	77,00	1,00	437,71	246,21	218,85	295,45	230,22	98,48	101,30	65,66	56,28	49,24	39,39	32,83	30,30	28,14	26,26	24,62	1,20			
1641	+ 2,00	1642	+ 10,00		LD	28,00	0,46	296,87	166,99	148,43	200,39	156,14	66,80	68,70	44,53	38,17	33,40	26,72	22,27	20,55	19,08	17,81	16,70	0,81			
1642	+ 17,00	1643	+ 17,00		LD	20,00	0,37	266,25	149,76	133,12	179,72	140,04	59,91	61,62	39,94	34,23	29,95	23,96	19,97	18,43	17,12	15,97	14,98	0,73			
1642	+ 17,00	1646	+ 3,00		LE	66,00	0,98	433,31	243,74	216,65	292,48	227,91	97,49	100,28	65,00	55,71	48,75	39,00	32,50	30,00	27,86	26,00	24,37	1,19			
1685	+ 17,00	1686	+ 17,00		LE	20,00	0,32	247,60	139,28	123,80	167,13	130,23	55,71	57,30	37,14	31,83	27,86	22,28	18,57	17,14	15,92	14,86	13,93	0,68			
1687	+ 1,00	1659	+ 13,00		LD	53,00	0,75	379,07	213,22	189,53	255,87	199,38	85,29	87,73	56,86	48,74	42,64	34,12	28,43	26,24	24,37	22,74	21,32	1,04			
1687	+ 1,00	1688	+ 1,00		LE	20,00	0,32	247,60	139,28	123,80	167,13	130,23	55,71	57,30	37,14	31,83	27,86	22,28	18,57	17,14	15,92	14,86	13,93	0,68			
1731	+ 15,00	1733	+ 15,00		LD	40,00	0,25	218,85	123,11	109,43	147,73	115,11	49,24	50,65	32,83	28,14	24,62	19,70	16,41	15,15	14,07	13,13	12,31	0,60			
1731	+ 15,00	1733	+ 0,00		LE	25,00	0,25	218,85	123,11	109,43	147,73	115,11	49,24	50,65	32,83	28,14	24,62	19,70	16,41	15,15	14,07	13,13	12,31	0,60			
1733	+ 3,00	1734	+ 7,00		LE	24,00	0,26	223,19	125,54	111,59	150,65	117,39	50,22	51,65	33,48	28,70	25,11	20,09	16,74	15,45	14,35	13,39	12,55	0,61			
1733	+ 18,00	1736	+ 5,00		LD	27,00	0,26	223,19	125,54	111,59	150,65	117,39	50,22	51,65	33,48	28,70	25,11	20,09	16,74	15,45	14,35	13,39	12,55	0,61			
1766	+ 9,00	1772	+ 0,00		LD	111,00	1,92	606,51	341,16	303,25	409,39	319,01	136,46	140,36	90,98	77,98	68,23	54,59	45,49	41,99	38,99	36,39	34,12	1,66			
1768	+ 19,00	1772	+ 0,00		LE	61,00	1,10	459,07	258,23	229,54	309,87	241,46	103,29	106,24	68,86	59,02	51,65	41,32	34,43	31,78	29,51	27,54	25,82	1,26			
1772	+ 6,00	1773	+ 3,00		LD	17,00	0,38	269,82	151,77	134,91	182,13	141,92	60,71	62,44	40,47	34,69	30,35	24,28	20,24	18,68	17,35	16,19	15,18	0,74			
1772	+ 6,00	1773	+ 7,00		LE	20,00	0,44	290,34	163,32	145,17	195,98	152,71	65,33	67,19	43,55	37,33	32,66	26,13	21,78	20,10	18,66	17,42	16,33	0,79			
1837	+ 7,00	1838	+ 7,00		LE	20,00	0,31	243,71	137,08	121,85	164,50	128,18	54,83	56,40	36,56	31,33	27,42	21,93	18,28	16,87	15,67	14,62	13,71	0,67			
1838	+ 11,00	1839	+ 11,00		LE	20,00	0,30	239,74	134,86	119,87	161,83	126,10	53,94	55,48	35,96	30,82	26,97	21,58	17,98	16,60	15,41	14,38	13,49	0,66			
1871	+ 3,00	1872	+ 3,00		LD	20,00	1,16	471,43	265,18	235,71	318,21	247,96	106,07	109,10	70,71	60,61	53,04	42,43	35,36	32,64	30,31	28,29	26,52	1,29			
1872	+ 6,00	1873	+ 5,00		LD	19,00	0,38	269,82	151,77	134,91	182,13	141,92	60,71	62,44	40,47	34,69	30,35	24,28	20,24	18,68	17,35	16,19	15,18	0,74			
1873	+ 8,00	1874	+ 8,00		LD	20,00	0,40	276,83	155,72	138,42	186,86	145,61	62,29	64,07	41,52	35,59	31,14	24,91	20,76	19,17	17,80	16,61	15,57	0,76			
1902	+ 11,00	1910	+ 9,00		LE	157,00	7,97	1.235,70	695,08	617,85	834,10	649,95	278,03	285,98	185,36	158,88	139,02	111,21	92,68	85,55	79,44	74,14	69,51	3,38			
1921	+ 10,00	1923	+ 13,00		LD	44,00	1,61	555,39	312,41	277,69	374,89	292,12	124,96	128,53	83,31	71,41	62,48	49,98	41,65	38,45	35,70	33,32	31,24	1,52			
1923	+ 16,00	1924	+ 16,00		LD	20,00	0,78	386,57	217,45	193,29	260,94	203,33	86,98	89,46	57,99	49,70	43,49	34,79	28,99	26,76	24,85	23,19	21,74	1,06			
COMPRIMENTO TOTAL						8192,00 m	S = 0,068m²		P = 0,89294m		RH^2/3 = 0,179m		C = 0,90		I = 165,4mm/h		TR = 10 anos		tc = 10 min		n = 0,015					

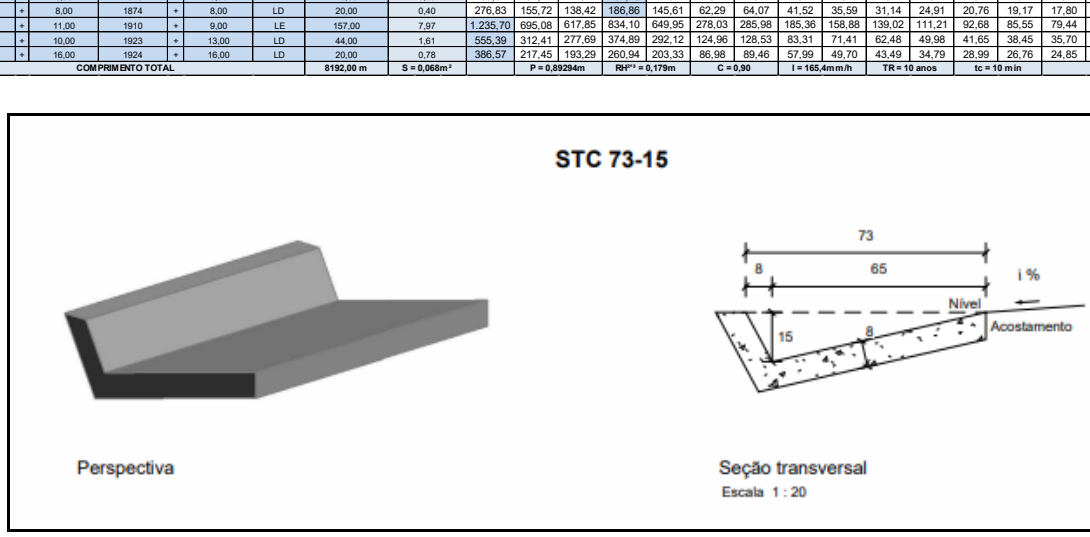


Tabela 7: Comprimento Crítico STC 80-17

COMPRIMENTO CRÍTICO DA SARJETA DE CORTE TIPO STC 80/17																										Velocidade (m/s)
ESTACA						LADO	COMPRIMENTO	DECLIVIDADE (%)	LARGURA DE IMPLÚVIO (m)																	
INCIAL			FINAL						4,5	7	8	12	20	25	30	35	40	45	50	60	65	70	75	80	
218	+	17,00	225	+	6,00	LD	130,00	6,08	1079,28	693,83	607,10	404,73	242,84	194,27	161,89	138,77	121,42	107,93	97,14	80,95	74,72	69,38	64,76	60,71	2,95
1287	+	12,00	1293	+	10,00	LE	118,00	3,90	864,40	555,69	486,23	324,15	194,49	155,59	129,66	111,14	97,25	86,44	77,80	64,83	59,84	55,57	51,86	48,62	2,37
1289	+	13,00	1295	+	14,00	LD	120,00	3,62	832,80	535,37	468,45	312,30	187,38	149,90	124,92	107,07	93,69	83,28	74,95	62,46	57,66	53,54	49,97	46,84	2,28
1295	+	15,00	1298	+	18,00	LD	63,00	0,97	431,09	277,13	242,49	161,66	97,00	77,60	64,66	55,43	48,50	43,11	38,80	32,33	29,84	27,71	25,87	24,25	1,18
1577	+	10,00	1583	+	19,00	LE	130,00	5,70	1045,01	671,79	587,82	391,88	235,13	188,10	156,75	134,36	117,56	104,50	94,05	78,38	72,35	67,18	62,70	58,78	2,86
1761	+	12,00	1763	+	12,00	LE	40,00	5,37	1014,31	652,06	570,55	380,37	228,22	182,58	152,15	130,41	114,11	101,43	91,29	76,07	70,22	65,21	60,86	57,06	2,78
1761	+	16,00	1764	+	18,00	LD	61,00	5,30	1007,68	647,79	566,82	377,88	226,73	181,38	151,15	129,56	113,36	100,77	90,69	75,58	69,76	64,78	60,46	56,68	2,76
1773	+	3,00	1780	+	2,00	LD	141,00	2,15	641,81	412,59	361,02	240,68	144,41	115,52	96,27	82,52	72,20	64,18	57,76	48,14	44,43	41,26	38,51	36,10	1,76
COMPRIMENTO TOTAL							803,00 m	S = 0,068m²		P = 0,89294m		RH^2/3 = 0,179m		C = 0,90		I = 165,4mm/h		TR = 10 anos		tc = 10 min		n = 0,015				

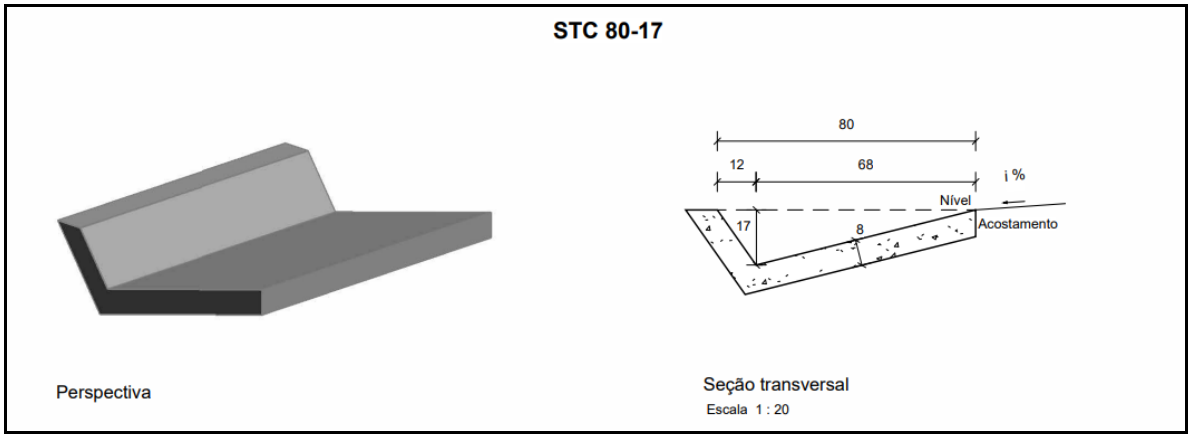


Tabela 8: Comprimento Crítico STC 88-20

COMPRIMENTO CRÍTICO DA SARJETA DE CORTE TIPO STC 88/20																												Velocidade (m/s)
ESTACA						LADO	COMPRIMENTO	DECLIVIDADE (%)	LARGURA DE IMPLÚVIO (m)																			
INCIAL			FINAL						4,5	7	8	10	12	16	18	20	22	24	26	30	32	34	36	38	
244	+	2,00	255	+	13,00	LD	231,00	2,94	1.075,54	691,42	604,99	483,99	403,33	302,50	268,89	242,00	220,00	201,66	186,15	161,33	151,25	142,35	134,44	127,37	2,27
245	+	19,00	251	+	13,00	LE	114,00	3,74	1.213,08	779,84	682,36	545,89	454,91	341,18	303,27	272,94	248,13	227,45	209,96	181,96	170,59	160,56	151,64	143,65	2,57
255		13,00	263	+	13,00	LD	158,00	1,74	827,43	531,92	465,43	372,34	310,28	232,71	206,86	186,17	169,25	155,14	143,21	124,11	116,36	109,51	103,43	97,98	1,75
269	+	5,00	279	+	13,00	LD	207,00	1,92	869,17	558,75	488,91	391,13	325,94	244,45	217,29	195,56	177,78	162,97	150,43	130,38	122,23	115,04	108,65	102,93	1,84
279	+	13,00	280	+	13,00	LD	20,00	0,22	294,22	189,14	165,50	132,40	110,33	82,75	73,55	66,20	60,18	55,17	50,92	44,13	41,37	38,94	36,78	34,84	0,62
519	+	2,00	530	+	12,00	LE	232,00	4,14	1.276,31	820,48	717,92	574,34	478,61	358,96	319,08	287,17	261,06	239,31	220,90	191,45	179,48	168,92	159,54	151,14	2,70
519	+	12,00	528	+	13,00	LD	188,00	4,39	1.314,28	844,89	739,28	591,42	492,85	369,64	328,57	295,71	268,83	246,43	227,47	197,14	184,82	173,95	164,28	155,64	2,78
704	+	6,00	720	+	11,00	LD	330,00	8,95	1.876,58	1.206,37	1.055,57	844,46	703,72	527,79	469,14	422,23	383,84	351,86	324,79	281,49	263,89	248,37	234,57	222,23	3,97
704	+	12,00	720	+	11,00	LE	323,00	8,95	1.876,58	1.206,37	1.055,57	844,46	703,72	527,79	469,14	422,23	383,84	351,86	324,79	281,49	263,89	248,37	234,57	222,23	3,97
791	+	17,00	801	+	15,00	LD	196,00	0,63	497,88	320,07	280,06	224,05	186,71	140,03	124,47	112,02	101,84	93,35	86,17	74,68	70,01	65,90	62,24	58,96	1,05
791	+	18,00	801	+	15,00	LE	196,00	0,63	497,88	320,07	280,06	224,05	186,71	140,03	124,47	112,02	101,84	93,35	86,17	74,68	70,01	65,90	62,24	58,96	1,05
802	+	1,00	803	+	1,00	LD	20,00	0,96	614,60	395,10	345,71	276,57	230,47	172,86	153,65	138,28	125,71	115,24	106,37	92,19	86,43	81,34	76,82	72,78	1,30
855	+	10,00	868	+	12,00	LD	263,00	2,28	947,16	608,89	532,78	426,22	355,18	266,39	236,79	213,11	193,74	177,59	163,93	142,07	133,19	125,36	118,39	112,16	2,00
858	+	4,00	866	+	0,00	LE	156,00	2,05	898,11	577,36	505,19	404,15	336,79	252,59	224,53	202,08	183,71	168,40	155,44	134,72	126,30	118,87	112,26	106,36	1,90
876	+	12,00	882	+	0,00	LE	108,00	6,61	1.612,71	1.036,74	907,15	725,72	604,76	453,57	403,18	362,86	329,87	302,38	279,12	241,91	226,79	213,45	201,59	190,98	3,41
892	+	1,00	896	+	4,00	LE	86,00	0,25	313,63	201,62	176,42	141,14	117,61	88,21	78,41	70,57	64,15	58,81	54,28	47,05	44,10	41,51	39,20	37,14	0,66
925	+	7,00	934	+	7,00	LE	180,00	7,00	1.659,60	1.066,89	933,53	746,82	622,35	466,76	414,90	373,41	339,46	311,18	287,24	248,94	233,38	219,65	207,45	196,53	3,51
938	+	14,00	953	+	11,00	LE	297,00	2,70	1.030,71	662,60	579,77	463,82	386,52	289,89	257,68	231,91	210,83	193,26	178,39	154,61	144,94	136,42	128,84	122,06	2,18
941	+	6,00	954	+	4,00	LD	258,00	2,74	1.038,32	667,49	584,05	467,24	389,37	292,03	259,58	233,62	212,38	194,68	179,71	155,75	146,01	137,42	129,79	122,96	2,20
1299	+	5,00	1302	+	18,00	LD	73,00	0,40	396,72	255,03	223,16	178,52	148,77	111,58	99,18	89,26	81,15	74,39	68,66	59,51	55,79	52,51	49,59	46,98	0,84
1304	+	15,00	1315	+	3,00	LD	210,00	4,14	1.276,31	820,48	717,92	574,34	478,61	358,96	319,08	287,17	261,06	239,31	220,90	191,45	179,48	168,92	159,54	151,14	2,70
1356	+	4,00	1358	+	0,00	LE	36,00	1,00	627,27	403,24	352,84	282,27	235,23	176,42	156,82	141,14	128,31	117,61	108,57	94,09	88,21	83,02	78,41	74,28	1,33
1378	+	16,00	1382	+	19,00	LD	83,00	5,17	1.426,26	916,88	802,27	641,82	534,85	401,14	356,57	320,91	291,74	267,42	246,85	213,94	200,57	188,77	178,28	168,90	3,02
1380	+	11,00	1381	+	16,00	LE	25,00	4,89	1.387,10	891,71	780,25	624,20	520,16	390,12	346,78	312,10	283,73	260,08	240,08	208,07	195,06	183,59	173,39	164,26	2,93
1408	+	14,00	1425	+	7,00	LD	339,00	7,55	1.723,57	1.108,01	969,51	775,60	646,34	484,75	430,89	387,80	352,55	323,17	298,31	258,53	242,38	228,12	215,45	204,11	3,64
1487	+	8,00	1504	+	19,00	LD	353,00	7,39	1.705,21	1.096,20	959,18	767,34	639,45	479,59	426,30	383,67	348,79	319,73	295,13	255,78	239,79	225,69	213,15	201,93	3,61
1487	+	9,00	1504	+	2,00	LE	333,00	7,39	1.705,21	1.096,20	959,18	767,34	639,45	479,59	426,30	383,67	348,79	319,73	295,13	255,78	239,79	225,69	213,15	201,93	3,61
1555	+	0,00	1568	+	1,00	LE	261,00	4,94	1.394,18	896,26	784,22	627,38	522,82	392,11	348,54	313,69	285,17	261,41	241,30	209,13	196,06	184,52	174,27	165,10	2,95
1557	+	3,00	1567	+	4,00	LD	201,00	4,94	1.394,18	896,26	784,22	627,38	522,82	392,11	348,54	313,69	285,17	261,41	241,30	209,13	196,06	184,52	174,27	165,10	2,95
1617	+	19,00	1621	+	17,00	LD	78,00	7,34	1.699,43	1.092,49	955,93	764,74	637,29	477,96	424,86	382,37	347,61	318,64	294,13	254,91	238,98	224,92	212,43	201,25	3,59
1624	+	2,00	1628	+	3,00	LD	81,00	4,80	1.374,28	883,47	773,03	618,43	515,35	386,52	343,57	309,21	281,10	257,68	237,86	206,14	193,26	181,89	171,78	162,74	2,91
COMPRIMENTO TOTAL							5636,00 m	S = 0,088m²		P = 0,99164m		RH^2/3 = 0,198m		C = 0,90		I = 165,4mm/h		TR = 10 anos		tc = 10 min		n = 0,015				

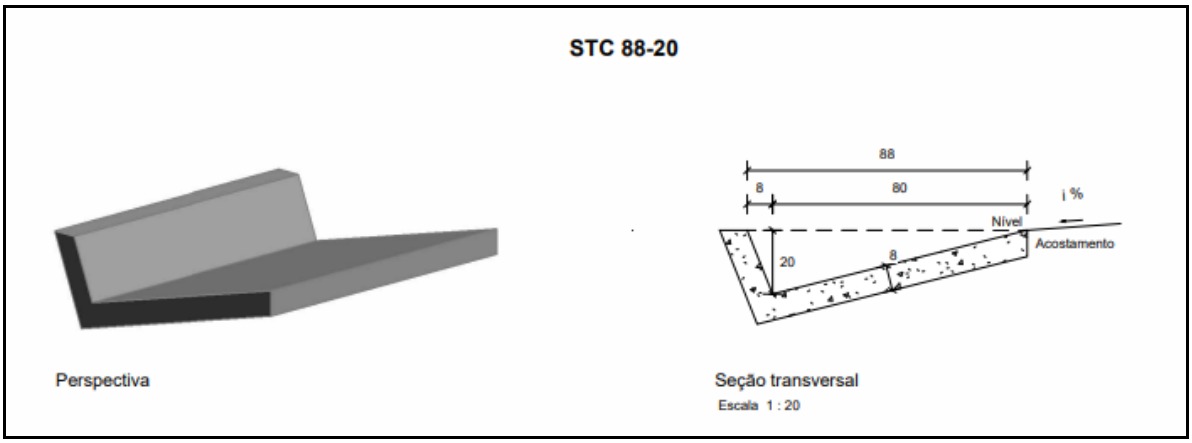


Tabela 9: Comprimento Crítico STC 100-20

COMPRIMENTO CRÍTICO DA SARJETA DE CORTE TIPO STC 100/20																														
ESTACA							LADO	COMPRIMENTO	DECLIVIDADE (%)	LARGURA DE IMPLÚVIO (m)																			Velocidade (m/s)
INCIAL			FINAL							8	9	12	14	16	18	20	22	24	26	30	32	34	36	38						
1102	+	0,00	1118	+	12,00		LE	331,00	3,55	764,25	679,34	509,50	436,72	382,13	436,72	305,70	277,91	254,75	235,16	203,80	191,06	179,82	169,83	160,90	2,53					
1106	+	5,00	1113	+	0,00		LD	135,00	3,41	749,03	665,81	499,36	428,02	374,52	428,02	299,61	272,38	249,68	230,47	199,74	187,26	176,24	166,45	157,69	2,48					
COMPRIMENTO TOTAL								466,00 m	S = 0,1m²	P = 1,10746m			RH^4/3 = 0,201m			C = 0,90		I = 165,4mm/h		TR = 10 anos		tc = 10 min			n = 0,015					

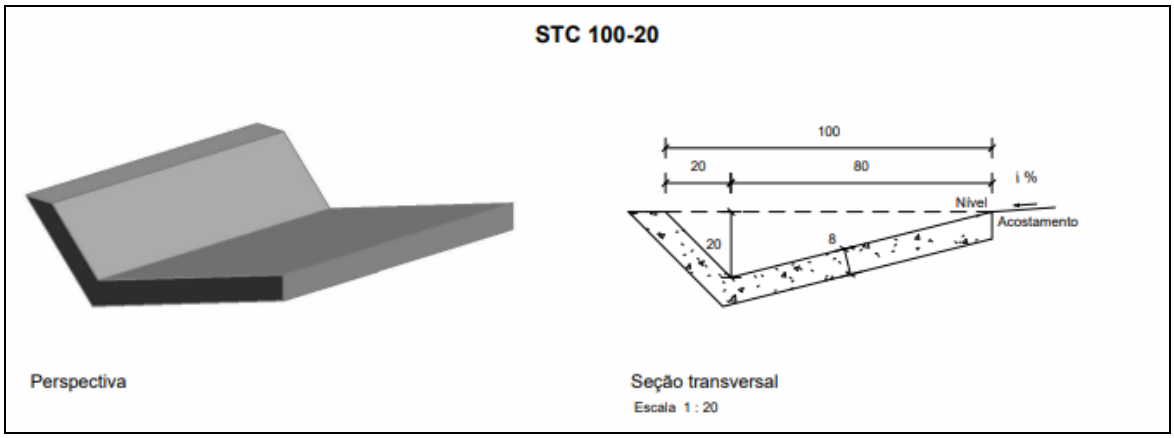


Tabela 10: Comprimento Crítico STC 108-25

COMPRIMENTO CRÍTICO DA SARJETA DE CORTE TIPO STC 108/25																																
ESTACA							LADO	COMPRIMENTO	DECLIVIDADE (%)	LARGURA DE IMPLÚVIO (m)																						Velocidade (m/s)
INCIAL			FINAL							4,5	8	9	12,5	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65							
13	+	12,00	14	+	12,00		LE	20,00	0,16	445,83	250,78	222,92	160,50	133,75	100,31	80,25	66,87	57,32	50,16	44,58	40,12	36,48	33,44	30,87	0,61					
13	+	12,00	14	+	12,00		LD	20,00	0,16	445,83	250,78	222,92	160,50	133,75	100,31	80,25	66,87	57,32	50,16	44,58	40,12	36,48	33,44	30,87	0,61					
14	+	19,00	17	+	10,00		LD	52,00	0,65	898,60	505,47	449,30	323,50	269,58	202,19	161,75	134,79	115,53	101,09	89,86	80,87	73,52	67,40	62,21	1,24					
14	+	19,00	18	+	12,00		LE	74,00	0,90	1.057,39	594,78	528,69	380,66	317,22	237,91	190,33	158,61	135,95	118,96	105,74	95,16	86,51	79,30	73,20	1,46					
82	+	9,00	84	+	9,00		LD	40,00	0,17	459,55	258,50	229,78	165,44	137,87	103,40	82,72	68,93	59,09	51,70	45,96	41,36	37,60	34,47	31,82	0,63					
82	+	9,00	84	+	9,00		LE	40,00	0,17	459,55	258,50	229,78	165,44	137,87	103,40	82,72	68,93	59,09	51,70	45,96	41,36	37,60	34,47	31,82	0,63					
84	+	15,00	86	+	15,00		LD	40,00	0,17	459,55	258,50	229,78	165,44	137,87	103,40	82,72	68,93	59,09	51,70	45,96	41,36	37,60	34,47	31,82	0,63					
84	+	15,00	86	+	15,00		LE	40,00	0,17	459,55	258,50	229,78	165,44	137,87	103,40	82,72	68,93	59,09	51,70	45,96	41,36	37,60	34,47	31,82	0,63					
183	+	2,00	186	+	18,00		LE	76,00	0,74	958,80	539,32	479,40	345,17	287,64	215,73	172,58	143,82	123,27	107,86	95,88	86,29	78,45	71,91	66,38	1,32					
184	+	6,00	186	+	18,00		LD	52,00	0,51	795,97	447,73	397,99	286,55	238,79	179,09	143,27	119,40	102,34	89,55	79,60	71,64	65,12	59,70	55,11	1,10					
186	+	18,00	197	+	17,00		LD	219,00	2,50	1.762,31	991,30	881,15	634,43	528,69	396,52	317,22	264,35	226,58	198,26	176,23	158,61	144,19	132,17	122,01	2,43					
186	+	18,00	197	+	11,00		LE	213,00	2,50	1.762,31	991,30	881,15	634,43	528,69	396,52	317,22	264,35	226,58	198,26	176,23	158,61	144,19	132,17	122,01	2,43					
1172	+	8,00	1208	+	17,00		LE	725,00	3,18	1.987,58	1.118,02	993,79	715,53	596,28	447,21	357,77	298,14	255,55	223,60	198,76	178,88	162,62	149,07	137,60	2,74					
COMPRIMENTO TOTAL								1611,00 m	S = 0,135m²	P = 1,22038m		RH^4/3 = 0,23m		C = 0,90		I = 165,4mm/h		TR = 10 anos		tc = 10 min		n = 0,015								

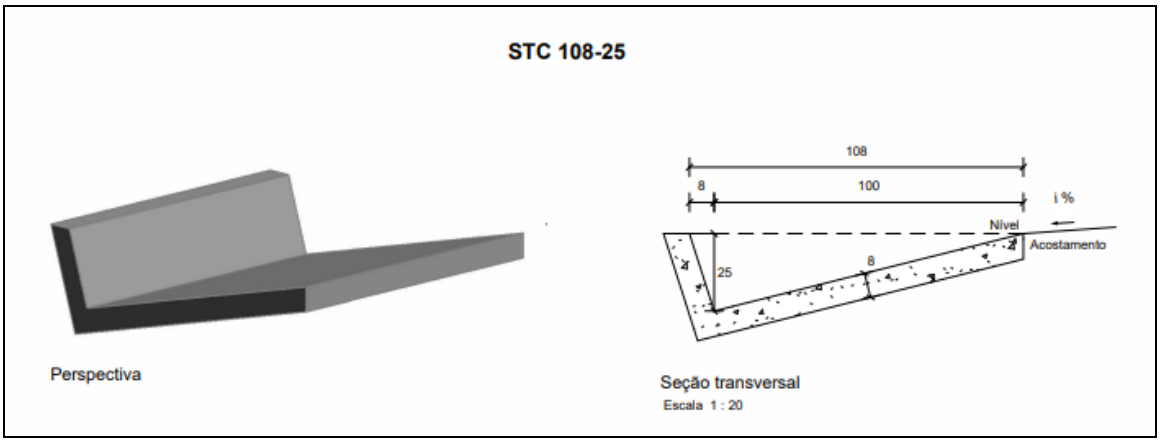


Tabela 11: Comprimento Crítico STC 125-25

COMPRIMENTO CRÍTICO DA SARJETA DE CORTE TIPO STC 125/25																																
ESTACA							LADO	COMPRIMENTO	DECLIVIDADE (%)	LARGURA DE IMPLÚVIO (m)																						Velocidade (m/s)
INCIAL			FINAL							9	8	10,5	12,5	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65							
1863	+	16,00	1871	+	2,00		LD	149,00	2,24	978,41	1.100,71	838,64	704,46	587,05	440,29	352,23	293,52	251,59	220,14	195,68	176,11	160,10	146,76	135,47	2,33					
1948	+	13,00	1966	+	0,00		LD	346,00	5,50	1.533,13	1.724,77	1.314,11	1.103,85	919,88	689,91	551,93	459,94	394,23	344,95	306,63	275,96	250,88	229,97	212,28	3,65					
1951	+	0,00	1964	+	2,00		LE	262,00	5,69	1.559,39	1.754,31	1.336,62	1.122,76	935,63	701,72	561,38	467,82	400,99	350,86	311,88	280,69	255,17	233,91	215,92	3,71					
COMPRIMENTO TOTAL								757,00 m	S = 0,15625m²	P = 1,38432m		RH^4/3 = 0,233m		C = 0,90		I = 165,4mm/h		TR = 10 anos		tc = 10 min		n = 0,015								

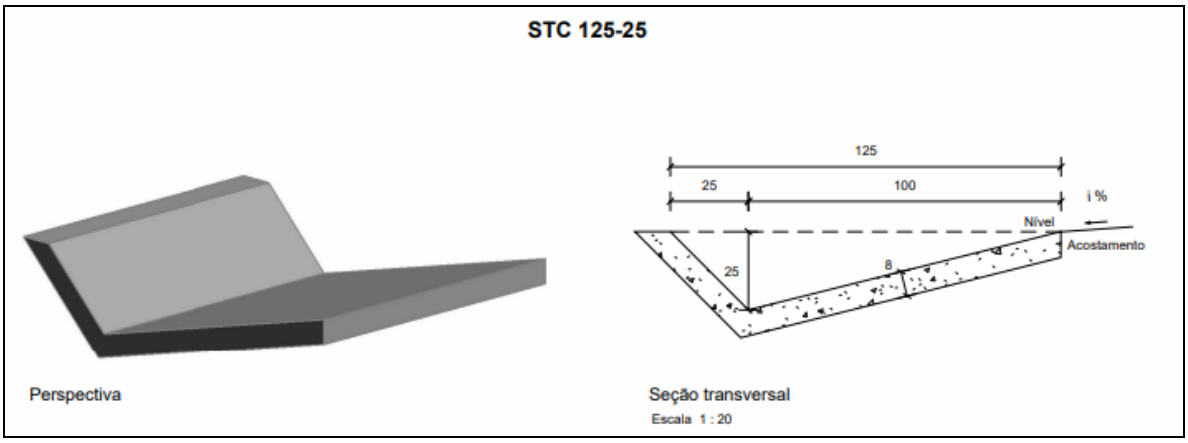


Tabela 12: Comprimento Crítico STCC 100-25

COMPRIMENTO CRÍTICO DA SARJETA DE CORTE TIPO STCC 100/25																										Velocidade (m/s)
ESTACA						LADO	COMPRIMENTO	DECLIVIDADE (%)	LARGURA DE IMPLÚVIO (m)																	
INCIAL			FINAL						10,5	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	35	36	38			
1407	+	2,00	1410	+	3,00	Canteiro central	42,00	5,29	1.008,88	882,77	756,66	784,04	588,51	529,66	481,51	441,39	407,43	378,33	321,01	331,04	302,66	294,26	278,77			3,50
COMPRIMENTO TOTAL							42,00 m	S = 0,125m²	P = 1,14412m		RH²/³ = 0,228m		C = 0,90		I = 165,4mm/h		TR = 10 anos		tc = 10 min		n = 0,015					

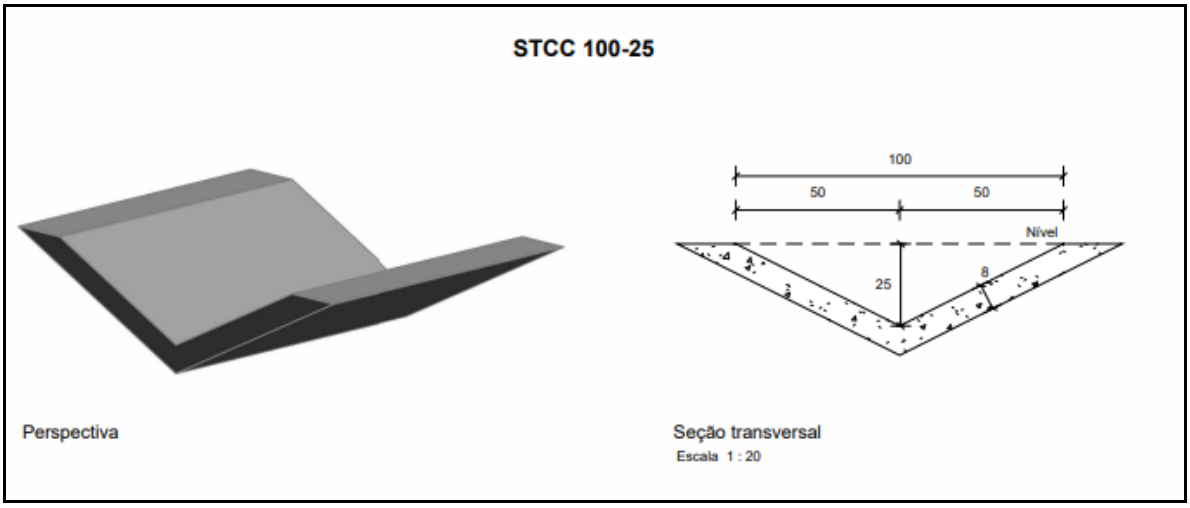
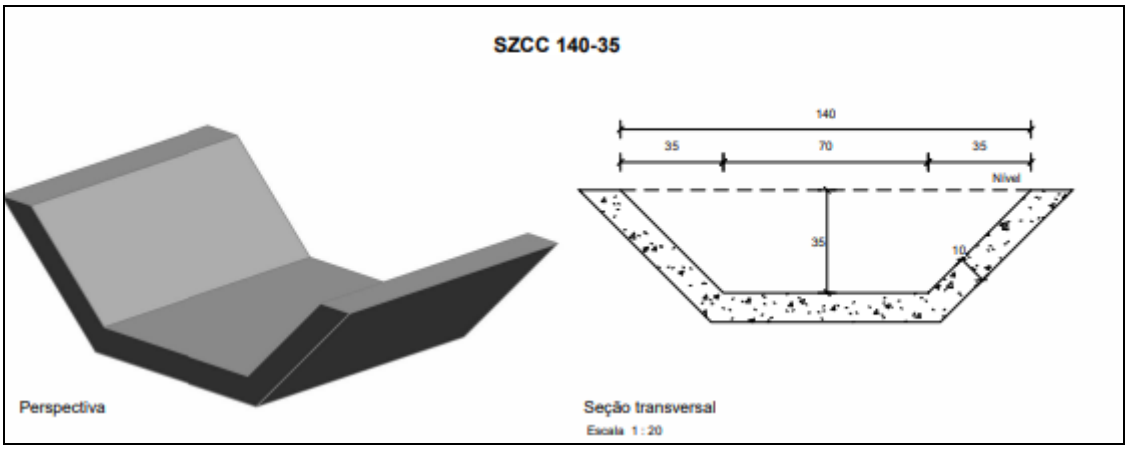


Tabela 13: Comprimento Crítico SZCC 140-35

COMPRIMENTO CRÍTICO DA SARJETA DE ATERRO TIPO SZCC 140/35																											Velocidade (m/s)
ESTACA						LADO	COMPRIMENTO	DECLIVIDADE (%)	LARGURA DE IMPLÚVIO (m)																		
INCIAL			FINAL						6	8	10	12	15	16	18	20	22	24	26	28	30	32	33				
1396	+	13,00	1407	+	3,00	Canteiro central	227,00	4,32	7.422,27	5566,70	4948,18	3711,14	2968,91	2783,35	2474,09	2226,68	2024,26	1855,57	1712,83	1590,49	1484,45	1391,68	1349,50				5,01
COMPRIMENTO TOTAL							227,00 m	S = 0,3675m²	P = 1,68994m			RH²/³ = 0,361m		C = 0,90		I = 165,4mm/h		TR = 10 anos		tc = 10 min		n = 0,015					



Conforme os resultados apresentados acima, verificou-se que a maioria dos meios-fios tipo 03 existentes não atendem ao comprimento crítico calculado. Nesses casos, ao se identificar a

necessidade de demolição e reconstrução desses dispositivos, considerou-se a possibilidade de adotar valores mais elevados para parâmetros como a lâmina d'água admissível e a largura de alagamento.

No entanto, conforme já mencionado, o meio-fio tipo 03 possui uma capacidade de escoamento bastante limitada, o que levou à sua substituição por meios-fios tipo 01 ou por sarjetas, visando o melhor dimensionamento possível dos dispositivos previstos no projeto.

Em relação às sarjetas, o cálculo do comprimento crítico indicou que a sarjeta do tipo STC 73-15, localizada entre as estacas 1172+8,00 e 1208+17,00, com extensão de 725 metros, não atende aos critérios estabelecidos. Por essa razão, recomendou-se a sua substituição por sarjetas do tipo STC 108-25, que possuem desempenho compatível com os parâmetros exigidos. Verificou-se, ainda, que a maior parte das sarjetas projetadas corresponde àquelas que serão demolidas e reconstruídas, devido ao avançado estado de deterioração das estruturas existentes. Além disso, foram previstas novas sarjetas nos locais onde se identificou a necessidade, especialmente em pontos baixos, nos quais o comprimento crítico e a velocidade de escoamento nos meios-fios não atendem aos critérios estabelecidos.

Na continuidade da análise, foram consideradas as velocidades calculadas para o escoamento nos dispositivos. De acordo com o Manual de Drenagem de Rodovias (2006), Tabela 31 – Velocidades Máximas Admissíveis para Água, a velocidade máxima permitida para estruturas com revestimento em concreto de cimento Portland é de 4,5 m/s. Nos casos em que as velocidades calculadas ultrapassaram esse limite, recomendou-se a instalação de dissipadores de energia, com o objetivo de mitigar riscos de erosão e garantir o desempenho hidráulico do sistema.

Cumpre destacar, entretanto, que no trecho compreendido entre as estacas 1396+13,00 e 1407+3,00 há uma sarjeta cuja velocidade de escoamento supera o valor de referência. Apesar disso, não foi possível prever a instalação de dissipadores, uma vez que o escoamento é direcionado diretamente a um bueiro, o que assegura o funcionamento adequado da drenagem local.

4.1.3 – Obras-de-arte correntes

As obras-de-arte correntes são estruturas de drenagem projetadas para permitir a transposição de talvegues, garantindo o escoamento das águas precipitadas sobre a superfície do terreno em áreas de contribuição específicas. Esses dispositivos conduzem o fluxo hídrico de forma controlada para o deságue em terrenos ou cursos d’água.

A escolha do dispositivo adequado é baseada na vazão de projeto necessária, sendo possível a utilização de bueiros simples, duplos ou triplos. Essas estruturas devem apresentar capacidade hidráulica suficiente para conduzir a vazão afluente de maneira eficiente e segura, preservando a funcionalidade e a segurança da rodovia.

4.1.3.1 – Cadastro das Obras-de-arte correntes

Os dispositivos de drenagem de obras-de-arte correntes existentes, como bueiros tubulares e celulares, foram devidamente cadastrados. Durante esse processo, registraram-se as localizações por estaqueamento, além de características específicas, como tipo, dimensões, esconsidade, lado de montante, extensão, condições de conservação e identificação de possíveis necessidades de limpeza, roçada ou reconstrução.

4.1.3.2 – Dimensionamento hidráulico das Obras-de-arte correntes

Conforme apresentado na etapa anterior dos Estudos Hidrológicos, foi avaliado se as obras de arte correntes existentes atendem às vazões de projeto estabelecidas.

As obras de arte correntes tubulares foram dimensionadas considerando um período de recorrência de 15 anos para sua operação como canal e 25 anos para funcionamento como orifício. Por sua vez, as obras celulares foram projetadas com períodos de recorrência de 25 anos para canal e 50 anos para orifício.

O método usado em cada obra dimensionada altera de acordo com a área da bacia estudada. Sendo adotados os seguintes métodos:

a) Bacias com Áreas Inferiores a 5,0 km²

Para as bacias com áreas inferiores a 5,0 km² foi empregado o método racional de expressão:

$$Q = \frac{CiA}{3{,}6}$$

onde:

Q = vazão, em m³/s;
C = coeficiente de deflúvio Run-Off (valor adimensional);
i = intensidade de precipitação, em mm/h;
A = área da bacia, em km².

A seguir está apresentada a tabela do coeficiente Run-Off:

Tabela 14 – Coeficiente de Escoamento

Condições de superfície	Orografia	Plano		Ondulado		Montanhoso	
		C	CN	C	CN	C	CN
Áreas urbanizadas, Cerrados, pastagens	A	0,1	50	0.2	55	0.30	65
	B	0,2	55	0,3	60	0,4	70
	C	0,4	60	0,6	65	0,6	75
	D	0,60 - 0,80	70	0,60- 0,90	75	0,60 - 1,00	80
Cerrados, pastagens e matas ralas	A	0,2	45	0,3	50	0,4	60
	B	0,25	50	0,35	55	0,45	65
	C	0,3	60	0,4	60	0,5	70
	D	0,4	65	0,5	70	0,6	75
Culturas e pastagens Terraceadas	A	0,1	35	0,3	45	0,4	50
	B	0,2	40	0,35	50	0,45	55
	C	0,3	50	0,4	60	0,5	60
	D	0,4	60	0,5	65	0,6	70
Culturas Terraceadas	A	0,1	30	0,2	40	0,3	50
	B	0,15	40	0,3	50	0,4	55
	C	0,2	50	0,4	55	0,5	60
	D	0,4	60	0,5	65	0,6	70

Fonte: Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes (GOINFRA, 2023).

Onde:

A = Superfície muito permeável (“LOESS” em camadas espessas);
B = Superfície permeável (“LOESS” em camadas rasas e areias);
C = Superfície semipermeável (Solos Siltosos e Argilosos) e
D = Superfície pouco permeável (Solos com argilas expansivas e pavimentos).

Para o trecho em estudo, o solo foi classificado como tipo "C", caracterizado como superfície semipermeável (Solos Siltosos e Argilosos). Foi adotado um coeficiente de escoamento específico para cada bacia, considerando a análise individual de suas características.

b) Bacias com Áreas entre 10,00km² e 20,00km²

Para bacias com áreas superiores a 10,00 km², é empregado o Método do Hidrograma Unitário Triangular. Esse método se baseia na teoria do hidrograma unitário, desenvolvida pioneiramente em 1932 por Le Roy R. Sherman (Streamflow from ainfall by Unit-Hydrograph Method, Engineering News-Record, vol. 108, pp. 501-505, sauvary-June, 1932). Trata-se de uma técnica conveniente e amplamente aceita para determinação das vazões de projeto de obras de porte significativo.

O hidrograma unitário permite o cálculo da vazão para qualquer chuva, após estabelecido o hidrograma para a área de estudos. Esse hidrograma é estabelecido para uma precipitação unitária (lâmina d’água inicialmente de 1 polegada ou 1cm sobre uma área usualmente de 1 acre). O método é então a ligação entre a precipitação e vazão, e pode ser traduzido no seguinte sistema:

Precipitação efetiva x hidrograma unitário = vazão.

Neste projeto, para as bacias intermediárias, compreendendo áreas entre 10 e 20 km², as descargas de projeto serão determinadas pelo Método do Hidrograma Sintético Triangular, conforme *“IP-03 GOINFRA - Estudos Hidrológicos”* considerando-se no caso o hidrograma formado por uma única ordenada. Neste caso, a precipitação efetiva será obtida a partir da curva “CN” adequada à bacia e da precipitação real obtida para a duração igual ao tempo de concentração da bacia.

$$Qp = \frac{0,208 * A * P_e}{t_p}$$

Onde:

Qp= descarga de projeto (m³/s)
0,208 = fator adimensional de conversão de unidades
A = área da bacia drenada (km²)
Pe = excesso de chuva ou precipitação efetivamente escoada (mm)
tc = tempo de pico (horas)

A precipitação efetiva é obtida com base na fórmula proposta pelo “US Soil Conservation Service” que com suas unidades ajustadas ao sistema métrico, apresenta a seguinte forma:

$$P_e = \frac{(P - 5080/CN + 50,80)^2}{P + (20320/CN - 203,2)}$$

Onde:

Pe = excesso de chuva ou precipitação efetivamente escoada (mm)

P = precipitação para uma duração D (mm)
D = duração da precipitação (h); neste método a duração (D) será determinada através da fórmula D = 2√tc
tc = tempo de concentração (horas);
CN = “curve number” (número de deflúvio representativo para o complexo hidrológico solo-vegetação);

O tempo de pico é obtido do valor do tempo de concentração, através da expressão:

$$t_p = \sqrt{t_c} + 0,6t_c$$

Onde:

tc = tempo de concentração (horas);

As tabelas apresentadas a seguir relacionam todas as obras existentes e projetadas, juntamente com a verificação de sua capacidade e vazão projetada, assegurando a compatibilidade com as condições hidrológicas previstas no projeto.

Tabela 15 – Obras Existentes

CARACTERÍSTICAS DAS BACIAS

Nº da bacia	Estaca	Área (km²)	L (km)	Declividade Efetiva (%)	Classif. Relevo	Desnível (m)	Método de Cálculo	tc (hs)	C/CN	Φ	Intensidade - Obras projetadas (mm/h) 15	25	50	100	Vazão - Obras projetadas (m³/s) 15	25	50	100	Bueiros Existentes: Tipo	Diâmetro	Largura	Altura	Lado Mont. (E/D)	Declividade (%)	Esc. °	Boca (unid)	Caixa (unid)	Vazão (m³/s) (canal)	Vazão (m³/s) (orifício)	Altura de aterro (m)	Cota Montante (m)	Cota Jusante (m)	Comp. Mont. (m)	Comp. Jus. (m)	Comp. Total (m)	Carga hidráulica (m)	Área (m²)	Perímetro molhado (m)	Raio Hidráulico (m)	Coeficiente de rugosidade de Manning (n)	Velocidade (m/s)	Atende
1	16+14,00	0,07	0,18	2,50%	Plano	5,00	MR	0,43	0,40	1,00	114,21	124,01	136,83	146,65	0,92	1,00	1,11	1,19	BDTC	0,60	-	-	D	3,00 %	10°D	2	-	0,85	1,80	1,70	814,000	813,369	9,00	12,00	21,00	0,72	0,28	1,88	0,15	0,015	3,26	Sim, atende como orifício
2	45+8,00	0,11	0,22	2,68%	Plano	6,00	MR	0,49	0,20	1,00	106,03	115,10	126,96	136,51	0,66	0,72	0,79	0,85	BSTC	0,60	-	-	D	0,75 %	0°	2	-	0,43	0,90	2,03	816,081	815,915	11,00	11,00	22,00	0,72	0,28	1,88	0,15	0,015	1,63	Sim, atende como orifício
3	97+19,00	0,17	0,43	2,45%	Plano	12,00	MR	0,85	0,40	1,00	75,54	81,94	90,30	98,15	1,43	1,55	1,71	1,85	BSTC	0,80	-	-	D	3,77 %	0°	2	-	0,88	1,66	1,96	816,753	816,000	9,00	11,00	20,00	0,96	0,50	2,51	0,20	0,015	4,42	Sim, atende como orifício
4	215+12,00	0,15	0,47	7,39%	Ondulado	37,00	MR	0,59	0,40	1,00	94,83	102,91	113,47	122,52	1,53	1,66	1,84	1,98	BSTC	1,00	-	-	D	0,87 %	10°D	2	-	1,53	2,68	2,06	827,467	827,110	23,00	18,00	41,00	1,20	0,79	3,14	0,25	0,015	2,47	Sim, atende como orifício
5	227+10,00	0,47	1,16	5,24%	Ondulado	69,00	MR	1,36	0,40	1,00	55,47	60,14	66,24	72,47	2,92	3,17	3,49	3,82	BDTC	1,00	-	-	D	0,82 %	10°D	2	-	3,07	5,37	0,60	814,508	814,303	11,00	14,00	25,00	1,20	0,79	3,14	0,25	0,015	2,40	Sim, atende como canal
6	234+12,00	0,21	0,57	7,58%	Ondulado	43,00	MR	0,68	0,40	1,00	87,21	94,63	104,31	112,94	2,00	2,17	2,39	2,59	BSTC	1,00	-	-	D	3,69 %	10°E	2	-	1,53	2,68	2,61	810,514	809,776	10,00	10,00	20,00	1,20	0,79	3,14	0,25	0,015	5,08	Sim, atende como orifício
7	240+2,00	0,10	0,40	8,95%	Ondulado	38,00	MR	0,49	0,40	1,00	106,44	115,55	127,46	137,03	1,18	1,28	1,41	1,51	BSTC	0,60	-	-	D	0,60 %	0°	1	-	0,43	0,90	1,90	816,323	816,130	14,00	18,00	32,00	0,72	0,28	1,88	0,15	0,015	1,46	Não
8	266+18,00	0,10	0,15	5,94%	Ondulado	9,00	MR	0,27	0,40	1,00	145,53	158,17	174,75	184,52	1,63	1,77	1,96	2,06	BSTC	1,00	-	-	D	4,05 %	0°	2	-	1,53	2,68	4,59	822,367	821,274	12,00	15,00	27,00	1,20	0,79	3,14	0,25	0,015	5,32	Sim, atende como orifício
9	282+10,00	0,29	0,49	8,05%	Ondulado	40,00	MR	0,60	0,40	1,00	94,33	102,37	112,87	121,90	3,01	3,27	3,60	3,89	BDTC	1,00	-	-	D	1,50 %	10°E	2	-	3,07	5,37	7,48	814,325	813,919	11,00	16,00	27,00	1,20	0,79	3,14	0,25	0,015	3,24	Sim, atende como canal
10	331+17,00	1,23	1,26	5,39%	Plano	92,00	MR	2,17	0,30	1,00	39,87	43,21	47,57	52,31	4,07	4,42	4,86	5,34	BDTC	1,00	-	-	D	3,53 %	25°D	2	-	3,07	5,37	2,50	834,576	832,916	26,00	21,00	47,00	1,20	0,79	3,14	0,25	0,015	4,97	Sim, atende como orifício
11	515+19,00	1,42	1,20	4,58%	Plano	55,00	MR	2,22	0,40	1,00	39,21	42,50	46,79	51,46	6,17	6,69	7,37	8,10	BSTC	1,00	-	-	E	2,92 %	0°	2	-	1,53	2,68	6,68	823,072	822,080	18,00	16,00	34,00	1,20	0,79	3,14	0,25	0,015	4,52	Não
12	541+1,00	0,41	0,82	4,27%	Plano	37,00	MR	1,13	0,20	1,00	62,79	68,10	75,01	81,87	1,43	1,55	1,71	1,86	BSTC	0,60	-	-	E	2,68 %	0°	2	-	0,43	0,90	1,77	840,980	840,497	7,00	11,00	18,00	0,72	0,28	1,88	0,15	0,015	3,08	Não
13	616+16,00	0,44	0,90	5,88%	Ondulado	59,00	MR	1,07	0,40	1,00	65,15	70,66	77,84	84,89	3,20	3,48	3,83	4,18	BDTC	1,50	-	-	E	1,96 %	5°D	2	-	8,45	13,05	2,52	808,768	807,847	26,00	21,00	47,00	1,80	1,77	4,71	0,38	0,015	4,85	Sim, atende como canal
14	626+10,00	10,49	4,22	1,54%	Ondulado	75,00	HUT	1,51	59,00	-	-	104,01	114,47	-	-	22,00	27,20	-	BSCC	-	3,00	3,00	E	3,60 %	10°D	2	-	26,58	39,15	2,10	802,808	801,007	34,00	16,00	50,00	3,60	9,00	12,00	0,75	0,015	10,44	Sim, atende como orifício
15	701+7,00	2,46	1,84	5,23%	Ondulado	104,00	MR	2,94	0,40	1,00	32,05	34,73	38,22	42,14	8,75	9,48	10,44	11,51	BDTC	1,00	-	-	E	1,67 %	30°D	2	-	3,07	5,37	7,32	808,380	807,780	15,00	21,00	36,00	1,20	0,79	3,14	0,25	0,015	3,42	Não
16	781+15,00	0,61	1,13	3,55%	Plano	41,00	MR	1,54	0,20	1,00	50,72	54,98	60,55	66,34	1,72	1,86	2,05	2,25	BSTC	0,60	-	-	E	3,55 %	0°	2	-	0,43	0,90	3,61	878,681	877,935	8,00	13,00	21,00	0,72	0,28	1,88	0,15	0,015	3,55	Não
17	804+14,00	0,12	0,43	3,55%	Plano	14,00	MR	0,73	0,30	1,00	83,39	90,48	99,73	108,11	0,83	0,90	0,99	1,07	BSTC	1,00	-	-	E	1,98 %	5°D	2	-	1,53	2,68	1,80	875,515	875,198	9,00	7,00	16,00	1,20	0,79	3,14	0,25	0,015	3,72	Sim, atende como canal
18	832+4,00	0,03	0,14	4,19%	Plano	6,00	MR	0,30	0,30	1,00	139,46	151,54	167,38	177,33	0,33	0,36	0,40	0,42	BSTC	0,60	-	-	D	2,81 %	0°	1	-	0,43	0,90	1,94	889,273	888,739	8,00	11,00	19,00	0,72	0,28	1,88	0,15	0,015	3,16	Sim, atende como canal
19	844+3,00	0,03	0,18	6,75%	Ondulado	13,00	MR	0,30	0,40	1,00	139,34	151,41	167,23	177,18	0,46	0,50	0,56	0,59	BSTC	0,60	-	-	D	3,46 %	25°D	2	-	0,43	0,90	4,24	883,934	882,999	15,00	12,00	27,00	0,72	0,28	1,88	0,15	0,015	3,50	Sim, atende como orifício
20	849+19,00	0,09	0,36	7,40%	Ondulado	27,00	MR	0,48	0,40	1,00	107,06	116,22	128,20	137,79	1,09	1,19	1,31	1,41	BSTC	0,80	-	-	D	2,90 %	10°D	2	-	0,88	1,66	4,09	879,760	879,151	11,00	10,00	21,00	0,96	0,50	2,51	0,20	0,015	3,88	Sim, atende como orifício
21	871+12,00	0,07	0,22	9,42%	Ondulado	21,00	MR	0,31	0,40	1,00	137,38	149,26	164,85	174,83	0,99	1,08	1,19	1,26	BSTC	0,80	-	-	D	3,14 %	35°D	1	-	0,88	1,66	5,36	868,194	867,065	18,00	18,00	36,00	0,96	0,50	2,51	0,20	0,015	4,04	Sim, atende como orifício
22	887+0,00	0,02	0,07	1,12%	Plano	1,00	MR	0,28	0,30	1,00	143,24	155,67	171,97	181,82	0,28	0,31	0,34	0,36	BSTC	1,00	-	-	E	2,98 %	0°	2	-	1,53	2,68	1,54	852,312	851,211	24,00	13,00	37,00	1,20	0,79	3,14	0,25	0,015	4,56	Sim, atende como canal
23	899+15,00	0,03	0,14	1,60%	Plano	3,00	MR	0,41	0,30	1,00	116,79	126,82	139,94	149,83	0,32	0,34	0,38	0,41	BSTC	0,60	-	-	E	1,20 %	10°D	2	-	0,43	0,90	2,56	850,072	849,796	11,00	12,00	23,00	0,72	0,28	1,88	0,15	0,015	2,06	Sim, atende como canal
24	916+16,00	0,04	0,14	4,48%	Plano	7,00	MR	0,28	0,30	1,00	143,91	156,39	172,77	182,60	0,50	0,54	0,60	0,64	BSTC	0,60	-	-	E	3,00 %	10°E	2	-	0,43	0,90	4,10	853,000	852,130	13,00	16,00	29,00	0,72	0,28	1,88	0,15	0,015	3,26	Sim, atende como orifício
25	929+14,00	0,04	0,13	8,78%	Ondulado	11,00	MR	0,25	0,40	1,00	151,15	164,31	181,59	191,10	0,73	0,79	0,87	0,92	BSTC	0,60	-	-	E	3,93 %	15°E	2	-	0,43	0,90	2,45	840,840	840,093	7,00	12,00	19,00	0,72	0,28	1,88	0,15	0,015	3,73	Sim, atende como orifício
26	937+15,00	0,09	0,28	2,71%	Plano	12,00	MR	0,59	0,30	1,00	94,73	102,80	113,35	122,40	0,72	0,78	0,86	0,92	BSTC	1,00	-	-	E	3,61 %	0°	2	-	1,53	2,68	1,44	833,515	832,287	14,00	20,00	34,00	1,20	0,79	3,14	0,25	0,015	5,03	Sim, atende como canal
27	955+16,00	0,13	0,35	6,29%	Ondulado	26,00	MR	0,51	0,40	1,00	104,15	113,05	124,69	134,18	1,49	1,62	1,79	1,92	BSTC	1,00	-	-	E	2,83 %	20°E	1	-	1,53	2,68	8,28	823,567	822,547	17,00	19,00	36,00	1,20	0,79	3,14	0,25	0,015	4,45	Sim, atende como canal
28	1016+11,00	0,13	0,27	3,10%	Plano	9,00	MR	0,54	0,20	1,00	100,24	108,80	119,99	129,31	0,75	0,81	0,89	0,96	BSTC	0,60	-	-	E	0,85 %	0°	2	-	0,43	0,90	1,61	821,060	820,916	8,00	9,00	17,00	0,72	0,28	1,88	0,15	0,015	1,73	Sim, atende como orifício
29	1038+2,00	0,09	0,35	3,78%	Plano	14,00	MR	0,61	0,30	1,00	93,10	101,03	111,39	120,35	0,71	0,77	0,85	0,92	BSTC	0,60	-	-	E	2,32 %	20°E	1	-	0,43	0,90	0,89	810,053	809,636	9,00	9,00	18,00	0,72	0,28	1,88	0,15	0,015	2,86	Sim, atende como orifício
30	1048+8,00	0,22	0,52	3,52%	Plano	19,00	MR	0,85	0,20	1,00	75,72	82,13	90,51	98,37	0,93	1,01	1,11	1,20	BSTC	0,80	-	-	E	3,14 %	0°	2	-	0,88	1,66	2,05	803,682	803,055	9,00	11,00	20,00	0,96	0,50	2,51	0,20	0,015	4,04	Sim, atende como orifício
31	1069+18,00	0,11	0,42	4,36%	Plano	21,00	MR	0,67	0,20	1,00	88,01	95,50	105,28	113,95	0,54	0,59	0,65	0,70	BSTC	0,60	-	-	E	1,74 %	5°E	2	-	0,43	0,90	1,15	798,709	798,431	6,00	10,00	16,00	0,72	0,28	1,88	0,15	0,015	2,48	Sim, atende como orifício
32	1082+9,00	0,05	0,23	5,43%	Ondulado	13,00	MR	0,38	0,40	1,00	121,85	132,33	146,05	156,03	0,71	0,77	0,85	0,91	BSTC	0,60	-	-	E	2,24 %	0°	2	-	0,43	0,90	1,23	794,042	793,684	7,00	9,00	16,00	0,72	0,28	1,88	0,15	0,015	2,82	Sim, atende como orifício
33	1094+7,00	0,17	0,42	6,67%	Ondulado	28,00	MR	0,56	0,40	1,00	97,79	106,13	117,04	126,24	1,84	2,00	2,21	2,38	BSTC	0,60	-	-	E	1,88 %	5°E	2	-	0,43	0,90	1,99	788,322	787,927	10,00	11,00	21,00	0,72	0,28	1,88	0,15	0,015	2,58	Não
34	1123+10,00	0,63	1,06	4,33%	Plano	52,00	MR	1,37	0,30	1,00	55,18	59,83	65,89	72,09	2,89	3,14	3,45	3,78	BSTC	0,60	-	-	E	3,26 %	0°	2	-	0,43	0,90	4,26	767,930	767,049	13,00	14,00	27,00	0,72	0,28	1,88	0,15	0,015	3,40	Não
35	1151+16,00	0,15	0,30	8,41%	Ondulado	27,00	MR	0,40	0,40	1,00	118,36	128,53	141,83	151,76	1,92	2,08	2,30	2,46	BSTC	0,60	-	-	E	0,65 %	0°	-	-	0,43	0,90	2,34	772,118	772,007	9,00	8,00	17,00	0,72	0,28	1,88	0,15	0,015	1,52	Não
36	1168+16,00	0,07	0,31	11,75%	Ondulado	38,00	MR	0,36	0,40	1,00	126,74	137,66	151,96	162,00	1,02	1,11	1,22	1,30	BSTC	0,60	-	-	E	2,90 %	0°	2	-	0,43	0,90	1,94	766,950	766,340	10,00	11,00	21,00	0,72	0,28	1,88	0,15	0,015	3,21	Não
37	1220+9,00	21,79	8,52	1,29%	Ondulado	184,00	HUT	2,79	61,00	-	-	-	-	143,78	-	-	-	60,50	PONTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Sim
38	1236+17,00	0,57	0,64	4,07%	Plano	36,00	MR	0,94	0,20	1,00	70,75	76,74	84,55	92,05	2,25	2,44	2,69	2,93	BSTC	1,00	-	-	D	0,85 %	0°	2	-	1,53	2,68	2,18	747,027	746,858	9,00	11,00	20,00	1,20	0,79	3,14	0,25	0,015	2,43	Sim, atende como orifício
39	1303+2,00	0,51	0,79	4,52%	Plano	37,00	MR	1,07	0,20	1,00	65,07	70,57	77,74	84,79	1,85	2,01	2,21	2,41	BSTC	1,00	-	-	D	3,89 %	0°	2	-	1,53	2,68	3,96	766,404	765,548	11,00	11,00	22,00	1,20	0,79	3,14	0,25	0,015	5,22	Sim, atende como orifício
40	1346+5,00	0,26	0,40	5,05%	Plano	23,00	MR	0,61	0,30	1,00	93,39	101,34	111,74	120,71	2,06	2,24	2,47	2,67	BSTC	0,60	-	-	D	3,83 %	5°D	2	-	0,43	0,90	3,59	780,755	779,836	13,00	11,00	24,00	0,72	0,28	1,88	0,15	0,015	3,68	Não
41	1361+8,00	0,13	0,39	6,11%	Ondulado	25,00	MR	0,55	0,60	1,00	99,21	107,67	118,74	128,01	2,22	2,41	2,66	2,87	BDTC	1,00	-	-	D	1,75 %	50°E	2	-	3,07	5,37	1,60	788,975	788,032	26,00	28,00	54,00	1,20	0,79	3,14	0,25	0,015	3,50	Sim, atende como canal
42	1372+13,00	0,03	0,28	5,14%	Ondulado	15,00	MR	0,45	0,60	1,00	111,14	120,66	133,12	142,86	0,52	0,56	0,62	0,66	BSTC	0,60	-	-	D	3,67 %	35°E	2	-	0,43	0,90	4,35	803,031	801,931	13,00	17,00	30,00	0,72	0,28	1,88	0,15	0,015	3,60	Sim, atende como orifício
43	1376+16,00	0,02	0,15	3,95%	Plano	7,00	MR	0,32	0,40	1,00	134,67	146,31	161,56	171,59	0,26	0,29	0,32	0,34	BSTC	0,60	-	-	D	3,17 %	5°E	2	-	0,43	0,90	2,41	811,600	810,935	8,00	13,00	21,00	0,72	0,28	1,88	0,15	0,015	3,35	Sim, atende como canal
44	1428+12,00	0,72	0,53	4,25%	Plano	29,00	MR	0,81	0,40	1,00	77,96	84,57	93,20	101,22	6,27	6,80	7,49	8,14	BDTC	1,00	-	-	D	1,40 %	20°D	2	-	3,07	5,37	6,75	771,137	770,744	12,00	16,00	28,00	1,20	0,79	3,14	0,25	0,015	3,13	Sim, atende como canal
	1428+18,00																		BSTC	1,50	-	-	D	3,24 %	20°D	2	-	4,22	6,52	6,17	771,648	770,741	12,00	16,00	28,00	1,80	1,77	4,71	0,38	0,015	6,24	
45	1470+3,00	0,22	0,49	3,34%	Plano	17,00	MR	0,83	0,40	1,00	76,78	83,28	91,78	99,72	1,91	2,07	2,28	2,48	BSTC	0,60	-	-	D	3,99 %	0°	2	-	0,43	0,90	1,95	794,303	793,585	8,00	10,00	18,00	0,72	0,28	1,88	0,15	0,015	3,76	Não
46	1507+2,00	0,71	0,57	3,53%	Plano	24,00	MR	0,92	0,40	1,00	71,85	77,93	85,87	93,45	5,69	6,17	6,80	7,40	BSTC	0,60	-	-	D	2,19 %	20°D	2	-	0,43	0,90	8,22	757,262	756,561	16,00	16,00	32,00	0,72	0,28	1,88	0,15	0,015	2,79	Não
47	1606+6,00	2,32	2,32	2,02%	Plano	67,00	MR	5,07	0,40	1,00	21,35	23,13	25,44	28,16	5,50	5,96	6,56	7,26	BTTC	1,00	-	-	D	0,39 %	30°D	2	-	4,60	8,05	5,67	718,462	718,341	15,00	16,00	31,00	1,20	0,79	3,14	0,25	0,015	1,65	Sim, atende como orifício
48	1614+3,00	0,05	0,24	7,36%	Ondulado	22,00	MR	0,36	0,40	1,00	126,82	137,74	152,05	162,09	0,65	0,71	0,78	0,83	BSTC	0,60	-	-	D	3,14 %	30°E	1	-	0,43	0,90	1,39	733,556	732,268	26,00	15,00	41,00	0,72	0,28	1,88	0,15	0,015	3,34	Sim, atende como orifício
49	1621+19,00	0,05	0,16	6,65%	Ondulado	11,00	MR	0,27	0,60	1,00	146,46	159,19	175,88	185,62	1,31	1,42	1,57	1,66	BSTC	0,80	-	-	D	3,84 %	0°	2	-	0,88	1,66	1,37	744,291	743,715	7,00	8,00	15,00	0,96	0,50	2,51	0,20	0,015	4,47	Sim, atende como orifício
50	1643+8,00	0,05	0,11	3,19%	Plano	4,00	MR	0,26	0,40	1,00	147,18	159,97	176,75	186,46	0,76	0,82	0,91	0,96	BSTC	0,60	-	-	D	2,19 %	5°E	1	-	0,43	0,90	3,73	749,763	748,754	26,00	20,00	46,00	0,72	0,28	1,88	0,15	0,015	2,79	Sim, atende como orifício
51	1683+18,00	0,08	0,34	1,91%	Plano	7,00	MR	0,77	0,40	1,00	80,43	87,26	96,17	104,36	0,68	0,74	0,81	0,88	BSTC	0,60	-	-	E	2,59 %	0°	2	-	0,43	0,90	3,42	738,078	737,664	9,00	7,00	16,00	0,72	0,28	1,88	0,15	0,015	3,03	Sim, atende como orifício
52	1730+7,00	0,02	0,11	5,87%	Ondulado	7,00	MR	0,25	0,40	1,00	151,15	164,31	181,59	191,10	0,30	0,33	0,36	0,38	BSTC	0,60	-	-	E	3,35 %	5°E	2	-	0,43	0,90	3,88	736,104	735,434	9,00	11,00	20,00	0,72	0,28	1,88	0,15	0,015	3,44	Sim, atende como canal
53	1770+7,00	0,10	0,23	4,33%	Plano	10,00	MR	0,42	0,20	1,00	115,72	125,65	138,65	148,51	0,66	0,72	0,79	0,85	BSTC	0,60	-	-	E	3,25 %	0°	2	-	0,43	0,90	3,43	717,668	716,954	10,00	12,00	22,00	0,72	0,28	1,88	0,15	0,015	3,39	Sim, atende como orifício
54	1875+0,00	0,09	0,27	4,03%	Plano	11,00	MR	0,49	0,30	1,00	106,32	115,42	127,31	136,88	0,78	0,85	0,93	1,00	BSTC	0,60	-	-	E	2,85 %	0°	2	-	0,43	0,90	3,71	711,381	710,271	20,00	19,00	39,00	0,72	0,28	1,88	0,15	0,015	3,18	Sim, atende como orifício
55	1923+5,00	0,62	0,90	4,79%	Plano	45,00	MR	1,16	0,30	1,00	61,67	66,88	73,67	80,44	3,21	3,48	3,83	4,18	BSTC	1,00	-	-	E	2,74 %	15°E	2	-	1,53	2,68	9,60	669,472	668,486	16,00	20,00	36,00	1,20	0,79	3,14	0,25	0,015	4,38	Não
56	1936+1,00	0,08	0,41	5,54%	Ondulado	29,00	MR	0,60	0,40	1,00	94,44	102,49	113,00	122,03	0,88	0,96	1,06	1,14	BSTC	0,80	-	-	E	3,73 %	10° D	2	-	0,88	1,66	1,32	691,386	690,529	13,00	10,00	23,00	0,96	0,50	2,51	0,20	0,015	4,40	Sim, atende como orifício
57	1967+10,00	0,20	0,45	8,06%	Ondulado	37,00	MR	0,56	0,40	1,00	98,58	106,99	117,99	127,23	2,16	2,35	2,59	2,79	BSTC	1,00	-	-	E	3,08 %	15°D	2	-	1,53	2,68	1,29	674,112	673,341	13,00	12,00	25,00	1,20	0,79	3,14	0,25	0,015	4,65	Sim, atende como orifício
58	1992+8,00	181,86	41,35	0,37%	Ondulado	281,00	HUT	15,13	60,00	-	-	-	-	188,85	-	-	-	161,60	PONTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Sim

Tabela 16 – Obras Projetadas

CARACTERÍSTICAS DAS BACIAS																
N° da bacia	Bueiros Projetados															OBS
	Estaca	Tipo	Diâmetro	Altura	Largura	Lado Mont. (E/D)	Declividade (m/m)	Esc. °	Vazão máxima (m³/s) (canal)	Altura de aterro (m)	Carga hidráulica (m)	Área (m²)	Perímetro molhado (m)	Raio Hidráulico (m)	Coeficiente de rugosidade de Manning (n)	Velocidade (m/s)	
7	240+0,00	BSTM	1,2	-	-	D	0,006	0°	2,19	1,53	1,44	0,85	2,38	0,36	0,015	2,59	Indicado complementação de obra pelo método não destrutivo, conforme solicitado pela GOINFRA.
11	515+17,00	BSTM	1,4	-	-	E	0,013	0°	4,87	5,98	1,68	1,15	2,78	0,41	0,015	4,23	Indicado complementação de obra pelo método não destrutivo, conforme solicitado pela GOINFRA.
12	540+19,00	BSTM	1,2	-	-	E	0,010	0°	2,83	1,58	1,44	0,85	2,38	0,36	0,015	3,35	Indicado complementação de obra pelo método não destrutivo, conforme solicitado pela GOINFRA.
15	701+3,00	BSTM	1,6	-	-	E	0,010	30°D	6,09	6,06	1,92	1,50	3,17	0,47	0,015	4,05	Indicado complementação de obra pelo método não destrutivo, conforme solicitado pela GOINFRA.
16	781+13,00	BSTM	1,2	-	-	E	0,010	0°	2,83	3,2	1,44	0,85	2,38	0,36	0,015	3,35	Indicado complementação de obra pelo método não destrutivo, conforme solicitado pela GOINFRA.
33	1094+9,00	BSTM	1,2	-	-	E	0,010	0°	2,83	1,53	1,44	0,85	2,38	0,36	0,015	3,35	Indicado complementação de obra pelo método não destrutivo, conforme solicitado pela GOINFRA.
34	1123+8,00	BSTM	1,2	-	-	E	0,015	0°	3,46	3,87	1,44	0,85	2,38	0,36	0,015	4,10	Indicado complementação de obra pelo método não destrutivo, conforme solicitado pela GOINFRA.
35	1151+18,00	BSTM	1,2	-	-	E	0,007	0°	2,28	1,38	1,44	0,85	2,38	0,36	0,015	2,70	Indicado complementação de obra pelo método não destrutivo, conforme solicitado pela GOINFRA.
36	1168+13,00	BSTM	1,2	-	-	E	0,010	0°	2,83	1,43	1,44	0,85	2,38	0,36	0,015	3,35	Indicado complementação de obra pelo método não destrutivo, conforme solicitado pela GOINFRA.
40	1346+3,00	BSTM	1,2	-	-	D	0,015	5°D	3,46	2,68	1,44	0,85	2,38	0,36	0,015	4,10	Indicado complementação de obra pelo método não destrutivo, conforme solicitado pela GOINFRA.
45	1470+1,00	BSTM	1,2	-	-	D	0,010	0°	2,83	1,45	1,44	0,85	2,38	0,36	0,015	3,35	Indicado complementação de obra pelo método não destrutivo, conforme solicitado pela GOINFRA.
46	1507+0,00	BSTM	1,6	-	-	D	0,010	20°D	6,09	7,4	1,92	1,50	3,17	0,47	0,015	4,05	Indicado complementação de obra pelo método não destrutivo, conforme solicitado pela GOINFRA.
55	1923+3,00	BSTM	1,20	-	-	E	0,010	15°E	2,83	9,00	1,44	0,85	2,38	0,36	0,015	3,35	Indicado complementação de obra pelo método não destrutivo, conforme solicitado pela GOINFRA.

Os novos bueiros inicialmente projetados na primeira etapa dos estudos hidrológicos para locais sem estruturas previamente implantadas revelaram-se desnecessários. Nessas áreas, a drenagem das contribuições hídricas que atingem a pista já é adequadamente conduzida pelos dispositivos existentes, como valetas naturais, sarjetas e entradas para saída d'água. Entretanto, foram mantidos os bueiros projetados para complementar as obras existentes que apresentam insuficiência hidráulica, assegurando a eficiência do sistema de drenagem e prevenindo problemas como o acúmulo de água e a sobrecarga das infraestruturas atuais.

Dando continuidade à análise, realizou-se o cálculo da velocidade da água nos bueiros, conforme as diretrizes estabelecidas no Manual de Drenagem de Rodovias (2006), que estipula um limite máximo admissível de 4,5 m/s para estruturas com revestimento superficial em concreto de cimento Portland. Com base nesses resultados, recomendou-se a instalação de dissipadores de energia para todos os bueiros projetados, bem como para os existentes nos quais a velocidade ultrapassasse o valor permitido. Tal medida visa mitigar os riscos de erosão e danos ao solo ou às estruturas adjacentes.

Destaca-se, no entanto, que na estaca 626+10,00 foi calculada uma velocidade de 10,44 m/s. Embora esse valor exceda significativamente o limite permitido, verificou-se, por meio de análise técnica, que a estrutura se encontra em bom estado de conservação. A visita técnica e o levantamento de campo confirmaram que a condição atual da obra não apresenta risco de erosão nem qualquer outro problema que possa comprometer o funcionamento do bueiro. Assim, optou-se por manter a estrutura sem a instalação de dissipador, considerando que esta opera de forma eficiente.

Por fim, para o dimensionamento dos bueiros projetados, foi adotado o coeficiente de Manning (n) igual a 0,015, considerando bueiros metálicos revestidos com concreto, em conformidade com as diretrizes do Manual de Drenagem de Rodovias (2006).

Corrugação	n
Tunnel Liner	0,024
Revestida com concreto	0,015

4.1.4 – Obras-de-arte especiais

As obras-de-arte especiais, no contexto de drenagem, são estruturas como pontilhões e pontes construídas com concreto armado, protendido, metálico ou combinações desses materiais. Essas obras são projetadas para transpor talvegues de cursos d'água perenes ou intermitentes, sendo empregadas quando dispositivos convencionais não conseguem atender à vazão de projeto, tornando-se a solução necessária para essa transposição.
Essas obras são projetadas com critérios hidráulicos e estruturais rigorosos, considerando fatores como o período de retorno das vazões máximas, o impacto ambiental e a segurança estrutural, visando garantir a funcionalidade e a durabilidade da infraestrutura em situações adversas, como enchentes.

4.1.4.1 – Cadastro das Obras-de-arte especiais

As obras-de-arte especiais foram devidamente cadastradas considerando as localizações por estaqueamento, além de características específicas, como extensão, largura, condições de conservação e identificação de possíveis necessidades de reparação, reconstrução ou implantação de algum dispositivo.

Foram identificadas duas pontes de concreto armado no trecho em estudo, sendo elas:

- Ponte sobre o Ribeirão Palmital, localizada na estaca 1220+9,00, com dimensões de 28,41 metros de comprimento por 9,70 metros de largura.

- Ponte sobre o Ribeirão Roncador, localizada na estaca 1992+8,00, com dimensões de 45,33 metros de comprimento por 9,79 metros de largura.

4.1.4.2 – Dimensionamento hidráulico das Obras-de-arte especiais

O dimensionamento dessas obras considerou os tempos de recorrência (Tr) definidos na Instrução de Serviço 163 DNIT, versão de 2003, e na Instrução de Projeto Rodoviário IP-03 GOINFRA – Estudos Hidrológicos. Para pontilhões, adotou-se um Tr de 50 anos, enquanto para pontes, o Tr foi de 100 anos, em conformidade com as diretrizes técnicas.

O Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT) foi utilizado para bacias com áreas de até 20 km², conforme as orientações estabelecidas. Para bacias hidrográficas de maior porte, geralmente afluentes e com áreas superiores a 20 km², o cálculo das descargas de projeto seguiu os parâmetros definidos na IP-03 GOINFRA – Estudos Hidrológicos.

No entanto, a aplicação da metodologia do HUT varia conforme o tempo de concentração de cada bacia. Dessa forma, as especificidades de cálculo foram ajustadas às características individuais de cada área de contribuição, garantindo precisão nos resultados, conforme a seguir:

1 - Quando o tempo de concentração da bacia for inferior a 24 horas a descarga de PROJETO será calculada com a composição de hidrogramas resultante da adoção de quatro hidrogramas parciais com duração (Δt):

$$\Delta t = \frac{T_c}{4} \text{ ; Tc em horas}$$

2 - Quando o tempo de concentração da bacia for superior a 24 horas, serão definidos hidrogramas parciais com duração unitária de 6 horas, considerando-se na definição da descarga o número inteiro de hidrogramas:

$$\frac{T_c}{6}$$

$\Delta t =$; Tc em horas

Na utilização do método deverão ser adotadas as seguintes expressões:

1) Cálculo de Tempo de Pico (Tp), tempo de ascensão do hidrograma, (h):

$$T_p = \frac{\Delta t}{2} + 0{,}6T_c$$

Sendo:

Δt = duração de chuva unitária, em horas;
Tc = tempo de concentração, em horas.

O tempo de concentração é obtido utilizando-se a Fórmula de Kirpich.

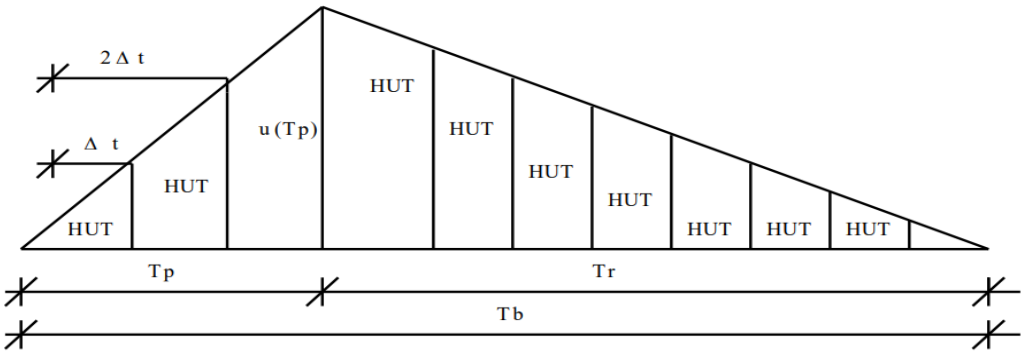
2) Cálculo de Tempo de Retorno (Tr):

$$Tr = 1{,}67\ Tp, \text{ em horas}$$

3) Cálculo de Tempo de Base (Tb):

$$Tb = 2{,}67\ Tp, \text{ em horas}$$

Construção do Hidrograma Unitário Triangular:



Para o cálculo da descarga de pontos do HUT, utiliza-se a fórmula:

$$\mu(T_p) = \frac{2{,}08A}{T_p}$$

Onde:

$\mu(Tp)$ = descarga de pico unitária, referente a uma chuva efetiva;
Pei igual a 1 cm de altura, ocorrida no tempo unitário Δt, m³/s/cm;
A = área da bacia, em km²;
Tp = tempo do pico, em horas.

Para o cálculo do excesso de precipitação, utilizam-se as seguintes expressões:

$$Pm = Pi\ (1{,}0 - 0{,}10 \log A/25),$$

Onde:

Pm = precipitação média (mm);
Cr (coeficiente de redução) = (1,0 – 0,10 log A/25), segundo Jaime Taborga;
A = área da bacia em km²;
Pi = precipitação em mm, Pi = f (TR; Tc) obtida no gráfico de precipitações.

$$Pei = \frac{\left[P_m - \left(\frac{5080}{CN}\right) + 50{,}8\right]^2}{P_m + \frac{20320}{CN} - 203{,}2}$$

Sendo:

Pei = chuva efetiva, em mm;
CN = complexo solo – vegetação ou número de deflúvio;
Pm = precipitação média, em mm.

Para cálculo das chuvas efetivas (Δqi) parciais os tempos (Ti), faz-se por simples diferença:

$$\Delta q_i = P_{ei} - P_{(ei-i)}$$

Para obtenção do HUT, usam-se as seguintes fórmulas:

$$HUT = \frac{\mu(T_p) x T_i}{T_p} \quad ; \quad T_i \le T_p$$

$$HUT = \frac{\mu(T_p) x (T_b - T_i)}{T_r} \quad ; \quad T_i \ge T_p$$

$$\mu(Tp) = 2{,}08 \times A / Tp$$

Após obtenção das chuvas parciais qi e do HUT, procede-se à construção da tabela típica para cálculo dos valores de Qi, pela expressão:

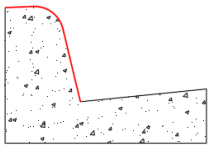
$$Q_i = q_i x \mu_1 + q_{i-1} x \mu_2 + q_{i-2} x \mu_3 + ... + q_i x \mu_i$$

No âmbito do presente projeto, as vazões de contribuição das bacias foram calculadas conforme indicado nos Estudos Hidrológicos. No entanto, não foi realizada uma comparação direta entre essas vazões e as capacidades hidráulicas das pontes existentes. Isso se deve ao fato de serem estruturas consolidadas de grande porte, que não apresentam histórico de insuficiência hidráulica. Além disso, as inspeções realizadas apontaram que as pontes estão em bom estado de conservação, sem evidências de deformações estruturais ou patologias aparentes.

4.1.5 – Caiação dos dispositivos

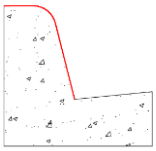
A caiação em projetos de drenagem é um procedimento utilizado para pintar estruturas como sarjetas, canaletas, valetas, meios-fios e guarda-corpos, empregando uma mistura à base de cal. Esse processo tem como objetivo principal melhorar a visibilidade dessas partes da infraestrutura, aumentando a segurança dos usuários. Além disso, a caiação desempenha funções complementares, como proteger as superfícies contra as intempéries e proporcionar um acabamento estético mais agradável às obras. O material mais comumente utilizado para a caiação é a cal hidratada. Para o processo de pintura, a cal hidratada é combinada com água e fixador de cal, sendo o fixador uma solução salina que acelera a fixação da pintura e contribui para a maior durabilidade do acabamento. O processo de execução da caiação inclui várias etapas: a limpeza prévia do local, o controle preciso da proporção da mistura (traço), a aplicação da pintura e, por fim, a verificação da qualidade do serviço. A inspeção visual deve garantir que o acabamento da superfície esteja uniforme, sem falhas, e com uma boa aderência da pintura, assegurando que a caiação cumpra suas funções de visibilidade, proteção e estética.
Abaixo estão os croquis dos dispositivos que receberão o serviço de caiação, com destaque nas seções transversais para indicar os pontos de aplicação das demãos e as áreas consideradas para a medição dos serviços.

MFC 01



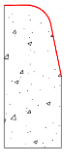
0,297 m²/m

MFC 03



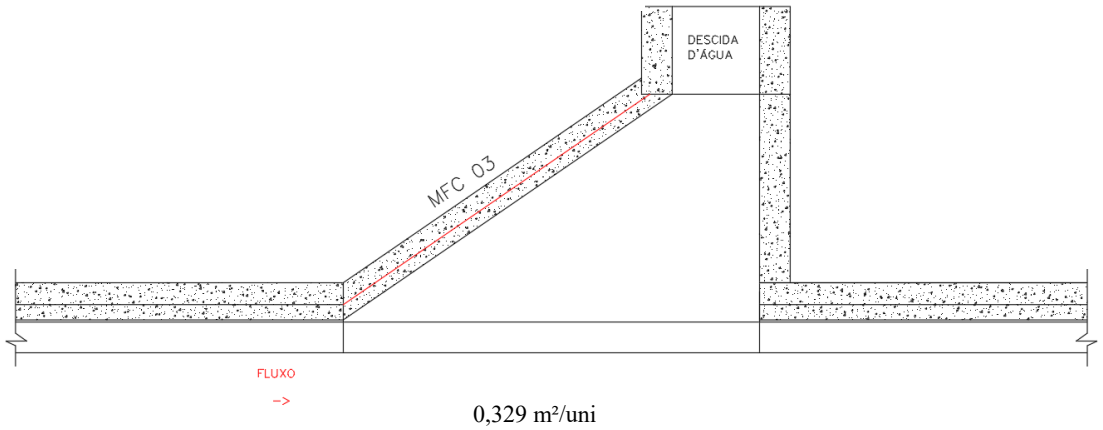
0,239 m²/m

MFC 05



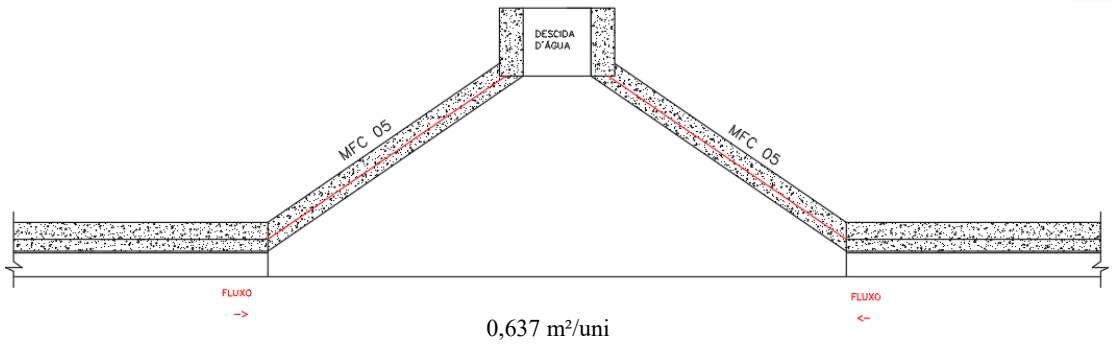
0,231 m²/m

EDA 01



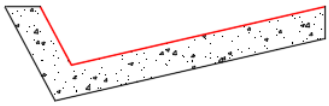
0,329 m²/uni

EDA 02



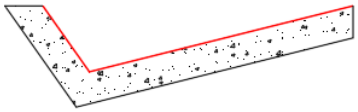
0,637 m²/uni

STC 73-15



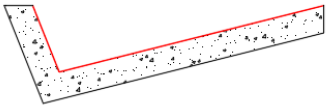
0,837 m²/m

STC 80-17



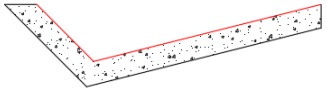
0,909 m²/m

STC 88-20



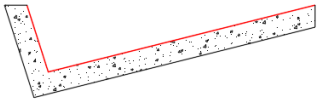
1,040 m²/m

STC 100-20



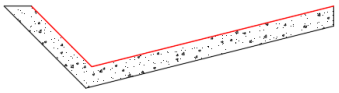
1,107 m²/m

STC 108-25



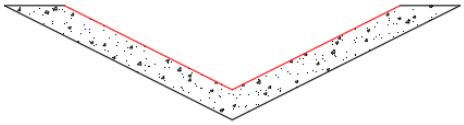
1,293 m²/m

STC 125-25



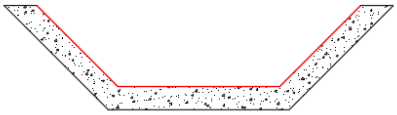
1,384 m²/m

STCC 100-25



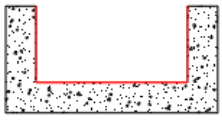
1,384 m²/m

SZCC 140-35



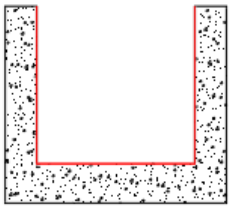
1,690 m²/m

DAR 60-30



1,200 m²/m

DAD 60-36



1,800 m²/m

4.2 – PROJETO DE RESTAURAÇÃO DO PAVIMENTO

4.2.1. INTRODUÇÃO

A avaliação de pavimentos existentes deve ocorrer a partir de análises acuradas de suas condições funcionais e estruturais, visando a definição dos parâmetros de comportamento que se mostram imprescindíveis de determinação, bem como disciplinar os trabalhos complementares de prospecção a serem executados para que se possa determinar as constituições físicas representativas da estrutura existente. A adoção dessas estratégias de avaliação deve permitir a definição e o estabelecimento das diretrizes demandadas para a elaboração de procedimentos de restauração ou reabilitação de pavimentos asfálticos; paralelamente, visam ainda evitar sobreposições inúteis e/ou lacunas importantes nos levantamentos a serem efetuados.

Para o efeito, em qualquer pavimento a ser avaliado, deve-se promover inicialmente uma visita de inspeção técnica de forma a se adquirir sensibilidade sobre as condições de serventia vigentes, as naturezas das principais degradações manifestas, as manifestações de umidades excessivas (superficiais e profundas), as características da drenagem existente, a magnitude do tráfego atuante e a predominância do sistema envoltório. De igual forma, devem ser obtidas informações sobre o histórico do pavimento existente, buscando-se fundamentalmente dados e subsídios relativos à sua constituição básica e aos materiais empregados e disponíveis na região, às intervenções e periodicidade de intervenções de manutenção corretiva já realizadas e à data de entrega do pavimento ao tráfego usuário.

Quanto aos parâmetros de comportamento que se mostram imperativos de determinação para uma perfeita avaliação de pavimentos rodoviários, julga-se poder enquadrá-los em duas grandes linhagens: aqueles que traduzem as ***características funcionais*** (degradações superficiais, deformações permanentes e deformabilidade elástica) e aqueles que definem as ***características estruturais*** (perfil constitutivo, espessura das camadas, módulos de rigidez/resiliência e coeficientes de Poisson).

As ***características funcionais*** devem traduzir o comportamento externado pelo pavimento, o qual deve ser avaliado através de análises das perturbações (variáveis dependentes e independentes) que se apresentam e que restringem suas condições de prestação de serviços, comprometendo a trafegabilidade. Assim considerando, torna-se importante ter em conta, numa análise de comportamento funcional, as variáveis dependentes, traduzidas pelos níveis de degradação superficial e de deformação permanente externados pelo pavimento e as variáveis independentes, no caso, impactantes nas suas condições de trabalho – a deformabilidade elástica – impostas pelas solicitações exteriores.

As ***características estruturais*** devem traduzir, de forma plena e consistente, a capacidade de suporte – ou de carga – externada pelo sistema constituído pelo conjunto pavimento - solo de fundação, a qual deve ser avaliada a partir da determinação da estratigrafia do pavimento existente (número e espessura das camadas) e dos valores modulares e coeficientes de Poisson dos distintos materiais constituintes; paralelamente, na busca de uma perfeita definição da capacidade de suporte, devem ser agregados todos os parâmetros relativos às caracterizações laboratoriais procedidas com os materiais constituintes (índices físicos e mecânicos).

As ***características funcionais*** são de importância notável e dominante na definição da natureza e do tipo - não da magnitude - das intervenções corretivas requeridas pelos pavimentos; as ***características estruturais***, em contra partida, visam determinar a magnitude de tais intervenções – os aportes estruturais – requeridos pelo pavimento de forma a qualificá-lo para

uma prestação de serviços futura, correspondente à expectativa de vida projetada. A consideração conjunta dessas características faculta, por conseguinte, a definição das causas mais prováveis e da sede das manifestações de ruína verificadas; de igual modo, permite ainda a identificação de eventuais segmentos que, embora externando adequadas características funcionais, podem apresentar alguma propensão ao colapso prematuro e repentino.

4.2.2. PROCEDIMENTOS DE LEVANTAMENTOS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

4.2.2.2.Levantamento histórico do pavimento existente

Considera-se de importância imperiosa a obtenção de todas as informações disponíveis acerca do histórico do pavimento existente, constituindo uma obrigação a busca de dados e subsídios relativos à sua constituição básica e aos materiais empregados, às intervenções de manutenção corretiva já realizadas, às datas de entrega do pavimento ao tráfego usuário e das intervenções corretivas eventualmente processadas.

No contexto do presente Projeto de Pavimentação, entretanto, a contratante informou via SEI (processo 202400036007419) que não dispõe dos dados históricos da rodovia.

4.2.2.3.Levantamento das Características Funcionais

4.2.2.3.1. Introdução

Para o levantamento dos parâmetros de degradação superficial, de deformação permanente e de deformabilidade demandados de forma conjunta pelos Métodos de Dimensionamento Oficiais do DNIT – PRO 10, PRO 11, PRO-159 e PRO-269, pertinentes ao pavimento sob análise, foram empregados os equipamentos a seguir descritos; os procedimentos demandados pela norma DNIT PRO-006/2003, foram executados e disciplinados de forma rígida e os resultados obtidos são quando das aplicações requeridas.

4.2.2.3.2. Demarcação da Base Quilométrica

A *Demarcação da Base Quilométrica* de (DBQ) e dos *Pontos de Referência* ao longo de todo o trecho é processada com emprego do equipamento ***Automated Mark System***, uma máquina de pintura especial com distanciômetro regulado por um *encoder* ótico de altíssima precisão, acoplado a um *Global Positioning System* (GPS) de última geração operando em dupla frequência (L1/L2).

Esse equipamento promove a demarcação das estacas duodecámetricas – dispostas a cada 20 metros – com tinta branca e das estacas hectométricas (a cada 100 metros) com tinta branca e amarela; todas as estacas são devidamente georreferenciadas e as hectométricas são numeradas na pista, de forma sequencial.



Figura 1 - Equipamento de demarcação viária Automated Mark System

4.2.2.3.3. Levantamento das Características Degradação Superficial

Para se obter os parâmetros de comportamento demandados, dadas as extensões normais dos trechos a serem restaurados, fez-se importante a aplicação de tecnologias mais avançadas, representadas por equipamentos eletrônicos capazes de propiciar o levantamento visual contínuo do pavimento existente, em contínuo e por faixa de tráfego.

Para o levantamento das características de degradação superficial, lançou-se mão do equipamento denominado ***Multifunction Vehicle***, o qual é dotado de um conjunto de instrumentos de auscultação de pavimentos que operam de forma integrada e simultânea. Dentre tais equipamentos se destacam: o ***Road Video Survey, o Orthogonal Pavimente Recorder, o Perfil metro Longitudinal a Laser e o Transverso Perfilômetro a Laser.***



Figura 2- MultiFunction Vehicle

O ***Road Vídeo Survey*** processa a filmagem em *Full HD* (1920 x1080) através de vídeo-registro capaz de sincronizar as imagens captadas simultaneamente por três câmeras digitais de alta resolução, gravadas em consonância com um "*encoder*" ótico (hodômetro digital inteligente) de alta precisão; duas câmeras permitem filmagens digitais panorâmicas à frente (na faixa de tráfego) e à ré (na faixa de tráfego contrária), e a outra câmera, posicionada no teto do veículo, permite a obtenção de fotos sequenciais:

- ✓ as duas câmeras, dispostas nas partes frontal e traseira do veículo, promovem a ***filmagem digital do espectro envolvente do pavimento e dos acostamentos***

(panorâmica), incluindo os vários subsistemas rodoviários (*dispositivos de sinalização horizontal e vertical e de drenagem superficial, erosões de taludes, rupturas de maciços, ocupação da faixa de domínio, etc.*);

- ✓ a terceira câmera, disposta na parte frontal superior (teto) do veículo, é direcionada única e exclusivamente para o pavimento, propiciando a ***captura de fotos sequenciais a cada 5 metros percorridos de alta resolução*** (independentemente da velocidade de deslocamento) captando, com precisão extraordinária, uma ***extensão do pavimento correspondente a 15 metros***.

O ***Orthogonal Pavement Scanner*** promove o escaneamento contínuo da superfície do pavimento através de filmagem de altíssima resolução - do tipo *Full HD* (1920x1080 pixels), com câmera disposta sobre um dispositivo de sustentação retrátil – fixado ao teto – que se estende cerca de 1,30m para além da traseira do veículo-teste. A projeção do filme em tela de 75" – que retrata o pavimento praticamente em verdadeira grandeza – permite a identificação e a caracterização de todas as manifestações ocorrentes no pavimento e os softwares desenvolvidos complementarmente facultam a definição gráfica, em sistema multimídia, das áreas comprometidas, com precisão absoluta.



Figura 3 - Detalhes do Orthogonal Pavement Recorder

Face à necessidade de que todos os levantamentos se enquadrem na mesma base de referência geodésica, também o ***MultiFunction*** é dotado de um sistema avançado de navegação composto por um "***encoder" ótico*** de alta precisão para registro das distâncias percorridas e ***GPS – Global Positioning System*** capaz de proporcionar rastreios geodésicos cinemáticos com a utilização de receptores ***GNSS – Global Navigation Satellite System*** de dupla frequência L1/L2 (L1 utiliza comprimentos de onda com 19 cm e L2 comprimentos de onda com 24 cm) os quais permitem *sincronizar cada imagem processada com o sistema de navegação de bordo*; esta associação permite a perfeita localização de todas as manifestações de ruína ocorrentes no pavimento e os softwares desenvolvidos pela Strata Engenharia facultam, concomitantemente, a determinação gráfica, em sistema multimídia, das áreas comprometidas, com precisão absoluta.
Desta forma, considerando em conjunto os resultados das filmagens efetuadas, ficam disponíveis, de forma perfeitamente consistente e amigável, os seguintes elementos:

- ❖ ***Road Vídeo Survey***
  - Levantamento do estado superficial dos acostamentos;
  - Verificação de existência de degraus entre pista e acostamento;
  - Localização de Interseções, Acessos, Perímetros Urbanos, Obras-de-Artes Especiais, e
  - Localização e identificação dos dispositivos de Drenagem, Sinalizações Vertical e Horizontal, etc.

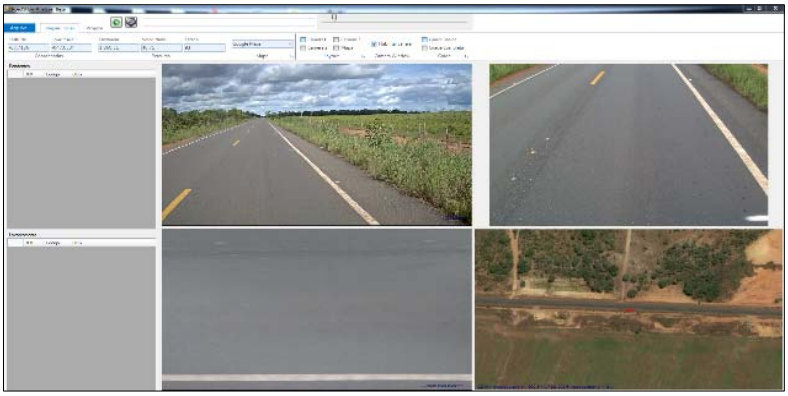


Figura 4 - Software utilizado no levantamento visual contínuo

❖ ***Orthogonal Pavement Scanner***

- Estado Superficial do Pavimento Existente (Levantamento Visual Contínuo).



Figura 5 - Identificação das patologias, delimitação das áreas comprometidas, mosaico fotográfico, representação geodésica dos locais de ensaio e definição da estrutura



Figura 6 - Identificação das patologias, delimitação das áreas comprometidas, mosaico fotográfico, representação geodésica dos locais de ensaio e definição da estrutura

- Levantamento Específico das Áreas Degradadas

No âmbito do inventário da superfície (LVC), embora seja usual processar o levantamento das **ocorrências** de todas as manifestações de ruína exteriorizadas pelo pavimento, não se promove a delimitação específica das áreas comprometidas, as quais, pelo menos em princípio, devem ser alvo de intervenções de caráter localizado, de medidas saneadoras que devem anteceder as intervenções requeridas para o restabelecimento das condições funcionais e/ou estruturais dos pavimentos. Entretanto, com base nos levantamentos efetuados e softwares especialmente desenvolvidos, a empresa projetista é capaz de promover a delimitação gráfica das manifestações de ruína ocorrentes - **Levantamento Específico das Áreas Degradadas**

(LEAD) - por faixa de tráfego e em contínuo, processamento que permite a representação gráfica, métrica e georreferenciada, das ocorrências em sistema de registro XY.

Os resultados podem ser tratados em relação à faixa de tráfego como um todo, somente nas trilhas de roda ou dividindo a faixa de tráfego em 03 (três) semifaixas com larguras da ordem de 1,20 metros; esse procedimento último é adotado antevendo-se uma possível utilização combinada de fresadoras (1,20 m de largura) com engenhos de compactação mais robustos. A delineação em lineares gráficos com precisão centimétrica – instruções em VBA (*Visual Basic for Application*) – permite a quantificação das operações executivas e dos materiais necessários.

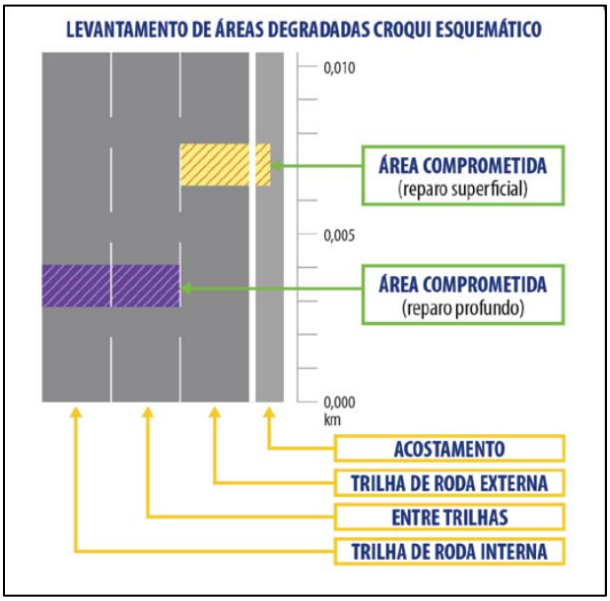


Figura 7 - Croquis esquemático do levantamento de áreas degradadas externadas pelo pavimento

4.2.2.3.4. Levantamento das Características de Deformação Permanente

Para a obtenção dos parâmetros de tradutores das deformações permanentes externadas pelo pavimento em análise, dadas as extensões normais dos trechos a serem restaurados, julgou-se oportuno o emprego de tecnologias mais avançadas, representadas por equipamentos eletrônicos capazes de propiciar as medições das irregularidades longitudinal (IRI) e transversal (Flecha nas trilhas de roda), em contínuo e por faixa de tráfego. Para o levantamento das características de deformação permanente, lançou-se mão do equipamento denominado ***Multifunction Vehicle***, dotado de ***Perfilômetros a Laser Longitudinal e Transversal*** para a medição dos graus de irregularidade longitudinal (IRI) e transversal (Flechas nas trilhas de roda) em contínuo, que operam de forma integrada e simultânea e em sincronia com um encoder ótico de altíssima precisão.

Nesses processos de avaliação os procedimentos metodológicos considerados ajuízam que as deformações permanentes longitudinais - *irregularidade longitudinal* – são verificadas através da medição do parâmetro ***International Roughness Index – IRI***, o qual é considerado como qualificado para traduzir, de forma plena, toda sorte de malformações geométricas que comprometem a integridade superficial do pavimento (ondulação, corrugação, empolamento/calotas dendríticas, estufamento, desintegração, desagregação, etc.). As deformações permanentes transversais - *irregularidade transversal* – são verificadas através da medição pura e simples das ***flechas em ambas as trilhas de roda ($F_{máx}$)***; no cálculo do IGG

tem-se em conta concomitantemente, para além do valor médio das flechas, a variância de sua população (desvio em relação à média).

Os *perfilômetros longitudinal e transversal* utilizam transdutores de medidas de distância a laser para medir as irregularidades longitudinal e transversal do pavimento; *os medidores, localizados nas unidades externas do laser*, compensam o movimento vertical do veículo e os dados coletados são processados relativamente à *unidade inercial central (desprovida de acelerômetro)* de forma a traduzir as alterações dos perfis longitudinal do pavimento, através do denominado **Índice de Rugosidade Internacional (*IRI*)** e transversal, através das **flechas nas trilhas de roda ($F_{máx.}$)**.

Para a medição da irregularidade longitudinal, empregou-se o equipamento ***Five Laser Profile System***, perfilógrafo dotado de 5 (cinco) sensores a laser - enquadrado na classificação do *HPMS Field Manual* como **Classe II** (sem contato) – capaz de promover a medição, *em contínuo*, nas duas trilhas de roda, do ***International Roughness Index (IRI)***, parâmetro tradutor das características de conformação geométrica longitudinal da pista.



Figura 8 - Five Laser Profiler System

Para a medição das ***flechas nas trilhas de roda ($F_{máx.}$)***, empregou-se um ***Transverso - perfilógrafo a laser*** – Classe II (sem contato) – equipamento que processa a filmagem digital de um feixe de raio laser projetado no pavimento com inclinação da ordem dos 22,5º, o qual revela o perfil transversal integral, em contínuo, externado pelo pavimento, permitindo ainda a identificação da natureza das deformações permanentes constatadas (se plásticas ou por consolidação):



x

Figura 9 - Transverso-perfilógrafo a laser



Figura 10 - Transverso-perfilógrafo a laser

A título rememorativo cabe lembrar ainda que todos os dados são levantados em uma mesma base de referência determinada por um ***encoder ótico*** para registro das distâncias percorridas, devidamente georreferenciadas por ***GPS – Global Positioning System*** de última geração, capaz de proporcionar rastreios geodésicos cinemáticos com a utilização de receptores ***GNSS – Global Navigation Satellite System*** de dupla frequência L1/L2 (L1 utiliza comprimentos de onda com 19 cm e L2 comprimentos de onda com 24 cm).

4.2.2.3.5. Levantamento das Características de Deformabilidade Elástica

O levantamento das deflexões reversíveis máximas do pavimento existente foi processado por meio do equipamento ***Falling Weight Deflectometer – FWD*** (Especificação DNER-PRO 273/96) aplicando uma carga dinâmica (energia potencial gravitacional) de 4.100 kgf – tempo de aplicação da ordem dos 2 centésimos de segundo – distribuída numa placa de diâmetro Ø = 30,5cm, condição que proporcionou uma pressão de contato σ_c = 5,6 kgf/cm^2; as leituras definidoras das linhas de influência foram determinadas às distâancias do centro de aplicação de carga indicadas a seguir:



Figura 11 - Falling Weight Deflectometer – FWD

DISPOSIÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DOS GEOFONES (Pavimentos Flexíveis)		
Geofone Nº	Denominação da Deflexão Reversível	Distância em Relação ao Centro da Placa (cm)
1	D_0	0
2	D_{20}	20
3	D_{30}	30
4	D_{45}	45
5	D_{60}	60
6	D_{90}	90
7	D_{120}	120

Figura 12 - Posicionamento dos Geofones no Falling Weight Deflectometer – FWD em relação ao centro de aplicação de carga

4.2.3. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO OBJETIVA DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS FLEXÍVEIS DNIT - 006/2003 – PRO

4.2.3.2.Levantamento histórico do pavimento existente

O levantamento histórico do pavimento existente deve ser efetuado junto às organizações rodoviárias encarregadas da sua construção e conservação, ou por estudos e reconhecimentos "in loco" visando a obtenção das seguintes informações principais:

- Data de entrega do pavimento existente ao tráfego;
- Número N de projeto;
- Tráfego atual e futuro (novos números N);
- Informações sobre o projeto, incluindo, principalmente, as características do subleito, das diversas camadas do pavimento, dos dispositivos de drenagem e a seção transversal adotada;
- Informações a respeito da geologia da região;
- Informações a respeito da hidrologia da região;
- Informações do estado de conservação do trecho e dos trabalhos manutenção já executados;
- Outras informações julgadas procedentes.

4.2.3.3.Descrição da Norma DNIT-006/2003 – PRO

A Norma DNIT-006/2003-PRO - deve ser processada através do levantamento das ocorrências de manifestações de ruína em "áreas-testemunhas" de 21,0 m^2 – apresentando uma extensão de 6,0 m (3,0 metros avante e 3,0 metros a ré em cada estação de trabalho) e largura igual à da faixa de rolamento (3,5 m) – dispostas a cada 20,0 metros de distância e posicionadas alternadamente em relação ao eixo da rodovia; nesse procedimento, desenvolvido originalmente pelo ***Prof. Armando Martins Pereira*** em seu trabalho denominado "**Um Método Expedito de Avaliação de Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos"**, empregando conceitos desenvolvidos inicialmente pela California Division of Highways (hoje CALTRANS), estabelece um procedimento para a quantificação numérica dos defeitos aos quais são atribuídos pesos ou fatores de responsabilidade.

Por essa metodologia, os resultados obtidos através de um inventário dos defeitos superficiais possibilitam o cálculo das frequências absoluta (f_a) e relativa (f_r) de ocorrência de cada tipo de defeito detectado – por segmento homogêneo predeterminado – que, afetado pelo seu respectivo peso ou grau de responsabilidade, permite calcular o seu *Índice de Gravidade Individual (IGI)*; seguidamente, através da soma dos índices individuais, promove-se o cálculo do *Índice de Gravidade Global (IGG)*, o qual se propõe a ser o tradutor da severidade do conjunto de defeitos externados pelo pavimento, definida em termos conceituais - "conceitos de serventia".

4.2.3.4.Inventário de Superfície dos pavimentos

O Inventário de Superfície constitui um procedimento realizado com a finalidade de caracterizar o estado superficial do pavimento através do cadastramento das ocorrências de alguns tipos de defeitos (pré-definidos) existentes. O cadastramento em pistas simples deve ser processado à cada 20 m, em áreas delimitadas pela largura da faixa de tráfego e por uma extensão de 6,0 metros lineares, contados em relação à demarcação de cada estaca (3,0 metros avante e 3,0

metros à ré); tais áreas, que devem ser dispostas sequencialmente alternando-se o lado de avaliação (ou a faixa de tráfego), representam uma amostragem igual a 15% da área total.

Já nas rodovias com pista dupla, a superfície de avaliação deve ser processada a cada 20,0 metros na faixa de tráfego mais solicitada de cada pista, considerando igualmente uma área de avaliação delimitada pela subseção transversal da pista em 6,0 metros de extensão (3 metros avante e 3 metros à ré) em relação a cada demarcação.

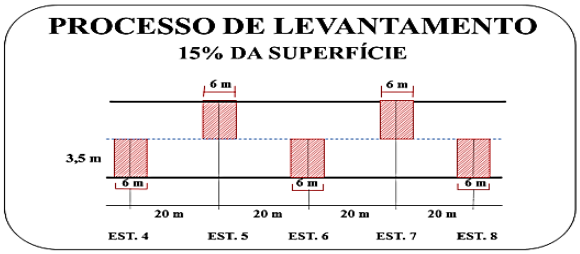


Figura 13 - Inventário de Superfície – Área de Avaliação
(Levantamento por amostragem – 15% da área total)

Na tentativa de unificar as possíveis formas de expressão para identificar defeitos de mesma natureza e também com o objetivo de se criar uma codificação que fosse adotada a nível nacional, o Prof. Armando Martins Pereira definiu proposições para a seleção e definição de defeitos, promovendo os agrupamentos pertinentes e estabelecendo as respectivas codificações; os resultados destes estudos, apresentados originalmente no antigo DNER-PRO 08/78, são ilustrados no quadro a seguir:

CODIFICAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS NA SUPERFÍCIE DE PAVIMENTOS						
NATUREZA DA OCORRÊNCIA					NOTAÇÃO	
AUSÊNCIA APARENTE DE FALHAS NA SUPERFÍCIE DO REVESTIMENTO					OK	
TRINCAS NO REVESTIMENTO DECORRENTES DO FENÔMENO DE FADIGA E/OU GERADAS POR DEFORMAÇÃO PERMANENTE EXCESSIVA	FISSURAS INCIPIENTES				FI	FC-1
	TRINCAS ISOLADAS	TRANSVERSAIS	CURTAS		TTC	
			LONGAS		TTL	
		LONGITUDINAIS	CURTAS		TLC	
			LONGAS		TLL	
	TRINCAS INTERLIGADAS	JACARÉ	SEM EROSÃO ACENTUADA		J	FC-2
			COM EROSÃO ACENTUADA		JE	FC-3
TRINCAS NO REVESTIMENTO NÃO ATRIBUÍDAS AO FENÔMENO DE FADIGA	TRINCAS ISOLADAS	DEVIDAS A RETRAÇÃO TÉRMICA OU DISSECAÇÃO DA BASE (SOLO-CIMENTO) OU DO REVESTIMENTO			TRR	FC-1
	TRINCAS INTERLIGADAS	ASSOCIAÇÃO DE TRINCAS DE PADRÃO ORTOGONAL (BLOCOS) DEVIDO À RETRAÇÃO TÉRMICA OU DISSECAÇÃO DA BASE OU DO REVESTIMENTO			TB	FC-2
					TBE	FC-3
AFUNDAMENTOS	PLÁSTICOS	DEVIDO À FLUÊNCIA PLÁSTICA DE UMA OU MAIS CAMADAS DO PAVIMENTO E/OU SUBLEITO		LOCAL	ALP	
				TRILHAS DE RODA	ATP	
	POR CONSOLIDAÇÃO	DEVIDO À CONSOLIDAÇÃO DIFERENCIAL OCORRENTE EM CAMADAS DO PAVIMENTO E/OU DO SUBLEITO		LOCAL	ALC	
				TRILHAS DE RODA	ATC	
CORRUGAÇÃO – ONDULAÇÕES TRANSVERSAIS CAUSADAS POR INSTABILIDADE DA MISTURA BETUMINOSA CONSTITUINTE DO REVESTIMENTO E/OU BASE					O	
EXSUDAÇÃO DO LIGANTE BETUMINOSO					EX	
DESGASTE ACENTUADO DA SUPERFÍCIE DO REVESTIMENTO					D	
"PANELAS" DECORRENTES DA DESAGREGAÇÃO DO REVESTIMENTO E ÀS VEZES DA BASE					P	
REMENDOS EXISTENTES (SUPERFICIAIS OU PROFUNDOS)					R	

Figura 14 - Codificação das ocorrências na superfície do pavimento

A caracterização do estado superficial dos pavimentos deve ser processada, desta forma, através de inventários da superfície, os quais são efetuados com a anotação das ocorrências dos diversos defeitos detectados e de suas respectivas identificações; no que tange aos trabalhos usuais e de aplicação corrente, as manifestações de ruína são avaliadas de estaca em estaca – dispostas alternadamente em relação ao eixo da rodovia – e registradas no formulário de "*Inventário do Estado da Superfície do Pavimento*", juntamente com o levantamento das *flechas nas trilhas* de roda e a anotação da seção transversal de terraplenagem típica; a ficha de inventário é apresentada a seguir:

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																									
Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	Trincas												Afundamentos				Outros Defeitos						Trilhas de Roda		Observações:
			Isoladas						Interligadas				Plástico		Consolid.											
			F1	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC-2		FC-3		ALP	ATP	ALC	ATC	O	P	E	EX	D	R	TRI	TRE	
									J	TB	JE	TBE													
0																									
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									

Figura 15 - Formulário do Inventário do Estado da Superfície do Pavimento

4.2.3.5.Divisão do Pavimento em Segmentos de Comportamento Homogêneo

a) Proposições dos Métodos de Dimensionamento DNER-PRO 010/79 e DNER-PRO 011/79 para a divisão do Pavimento em Segmentos Homogêneos

Ambas as metodologias recomendam, de forma idêntica, que a divisão dos segmentos homogêneos seja processada levando em conta a análise simultânea dos resultados de levantamentos efetuados através de estudos específicos, os quais são a seguir transcritos consoantes suas proposições específicas:

> *"4 - Estudos*
>
> *4.1 - Estudos Preliminares*
> *4.1.1 - Levantamento do histórico do pavimento existente*
> *4.1.2 - Prospecção preliminar do pavimento existente*
>
> *A prospecção preliminar deve ser realizada por intermédio da abertura de poços de sondagem, com pá e picareta, localizados nos bordos do revestimento da pista de rolamento, dispostos alternadamente em relação ao eixo, e espaçados longitudinalmente de 2 km. Nos referidos poços devem ser providenciadas:*
> - *a) a identificação expedita e a determinação da espessura das camadas que compõem o pavimento propriamente dito, bem como os 60 cm superiores do subleito;*
> - *b) determinação das umidades naturais e das massas específicas secas, "in situ", das camadas granulares do pavimento e das camadas que compõem os 60 cm superiores do subleito;*
> - *c) a coleta de amostras representativas dos materiais componentes das camadas granulares do pavimento e das camadas que compõem os 60 cm superiores do subleito, para a realização de ensaios de caracterização, compactação e ISC, e*
> - *d) a coleta de amostras representativas dos materiais betuminosos das camadas de ligação ("binder") e de revestimento para a realização de ensaios de extração de betume e granulometria.*
>
> *4.2 - Estudos Definitivos*
>
> *Os estudos definitivos compreendem os seguintes procedimentos:*

4.2.1 - Demarcação das estações de ensaio;
4.2.2 - Determinação das deflexões recuperáveis;
4.2.3 - Inventário do estado da superfície do pavimento existente;
4.2.4 - Sondagens complementares a pá e picareta, e
4.2.5 - Representação gráfica dos resultados dos estudos, na qual os resultados dos estudos de deflectometria, de superfície e das prospecções efetuadas, devem ser representados graficamente em um desenho apropriado onde serão incluídas, no mínimo, as seguintes informações:

a) Estaqueamento ou quilometragem;
b) Características do subleito do pavimento existente;
c) Elementos referentes à constituição do pavimento;
d) Indicações sobre a existência de água freática no subleito;
e) Informes relativos à configuração da terraplenagem;
f) Poligonais das deflexões recuperáveis em ambas as trilhas de roda;
g) Valores dos Raios de Curvatura;
h) Principais defeitos constatados na superfície da pista de rolamento.

4.2.6 - Definição dos Limites dos Segmentos Homogêneos

"A extensão total estudada deve ser subdividida em segmentos que possam ser considerados homogêneos, com vistas às medidas corretivas que estejam a requerer". Por esta metodologia, "a noção de homogeneidade está, portanto, estreitamente vinculada com o valor residual do pavimento, o qual depende, em grande parte, tanto da constituição da estrutura e do subleito, quanto do seu estado de deterioração"

Considera ainda "impraticável a proposição de diretrizes rígidas no que diz respeito ao estabelecimento dos limites de tais segmentos, tendo em vista a inevitável subjetividade ditada pela natureza do problema".

Finalmente "recomenda que a tarefa seja executada levando em conta, principalmente, os resultados da análise simultânea dos seguintes elementos propiciados pelos estudos precedentes e representados no gráfico recomendado":

a) a configuração das poligonais representativas da variação das deflexões recuperáveis;
b) os valores do raio de curvatura;
c) a constituição do pavimento existente;
d) os contatos entre as litologias (natureza das rochas originárias) que constituem o subleito; e
e) a natureza e a frequência dos defeitos verificados na superfície do pavimento.

Por motivos de ordem construtiva, sempre que possível, deve-se conferir aos segmentos homogêneos uma extensão mínima de 200 m".

Complementarmente, com o objetivo de propiciar uma visão mais contextualizada do pavimento ao longo de todo o trecho, as metodologias em epígrafe preconizam o emprego de lineares gráficos, capazes de permitir análises individualizadas dos diversos parâmetros de comportamento, necessárias para se definir os intervalos de variações relativamente constante

e homogêneas; ressalta-se que na definição da estrutura do pavimento, quando prospectada através de sondagens de poço realizadas utiliza-se, como marco diferencial, o ponto médio entre duas sondagens consecutivas, mesmo se sabendo que a alternância das espessuras não ocorre necessariamente no ponto médio.

Seguidamente, processa-se a análise conjunta dos "intervalos de variação" de cada parâmetro envolvido, procedimento que visa promover a definição das fronteiras de segmentos que externam o conjunto de parâmetros de forma similar, ao longo de todo o trecho. Entretanto, vale lembrar que de acordo com as duas metodologias do DNIT citadas, a noção de homogeneidade "está estritamente vinculada ao valor residual do pavimento, o qual depende, em grande parte, tanto da constituição da estrutura e do solo de fundação, quanto do seu estado de deterioração"; inclusivamente, é de se destacar que ambas as metodologias destacam *"ser impraticável a proposição de diretrizes rígidas no que diz respeito ao estabelecimento dos limites dos segmentos homogêneos, haja vista a inevitável subjetividade ditada pela natureza do problema"*.

| | | |

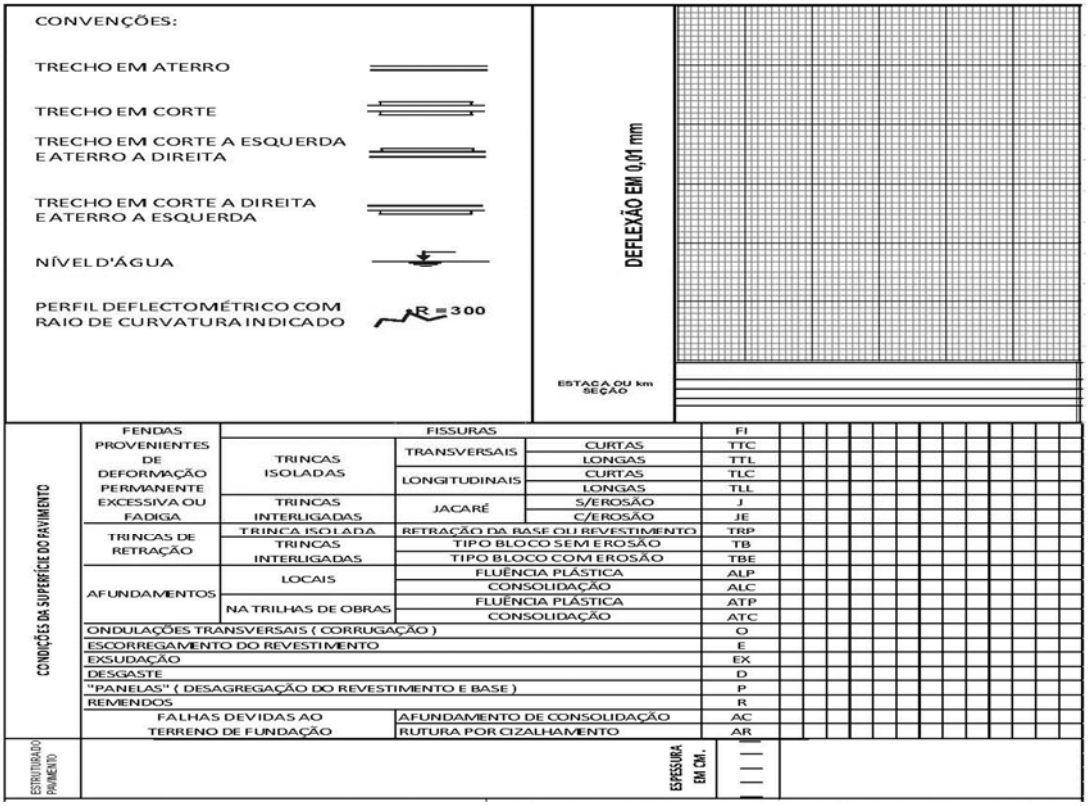


Figura 17 - Lineares Sinópticos – DNER-PRO 011/79

b) Proposições do Método de Dimensionamento DNER-PRO 269/94 para a divisão do Pavimento em Segmentos Homogêneos

Esta metodologia também recomenda que a divisão dos segmentos homogêneos seja processada levando em conta a análise simultânea dos resultados de levantamentos efetuados, os quais são transcritos a seguir, consoante as disposições contidas no método de dimensionamento retrocitado:

5 - Levantamentos de Campo

"5.1 - Demarcação do trecho;
5.2 - Determinação das deflexões recuperáveis;
5.3 - Levantamento das condições do pavimento:
5.3.1 O levantamento da condição do pavimento deve incluir a determinação das áreas que apresentam trincas, buracos e remendos, de conformidade com o disposto na Especificação DNER-ES 128/83 (atual Norma DNIT 007/ PRO), valendo as seguintes observações:
a) os segmentos-testemunha devem ter 6 m de comprimento e largura igual à da faixa de rolamento e devem ser espaçados de 20 m, centro a centro, e posicionados, alternadamente, em cada uma das faixas de rolamento;
b) as trincas classe 1 não devem ser levantadas e, alternativamente,
c) pode ser utilizado também o procedimento DNER-PRO-08/94".
5.3.2 – A avaliação do estado da condição da superfície pode ser complementada através de medidas de irregularidade em ambas as faixas de tráfego, por meio de aparelhos medidores tipo resposta, tais como o Integrador IPR/USP ou Maysmeter.
5.4 – Sondagens a pá e picareta

5.5 - Sondagens rotativas no revestimento e coleta de amostras
5.6 - Caracterização do tráfego.
(...)
8 - Divisão do trecho em subtrechos homogêneos

8.1 - Os dados obtidos devem ser anotados em impresso próprio, podendo-se adotar o impresso indicado.
8.2 - O gráfico deve ser elaborado em papel milimetrado, devendo representar todo o trecho em estudo.
8.3 - Inicialmente o trecho deve ser dividido em segmentos que apresentem valores semelhantes de constituição do pavimento, do tráfego médio diário (TMD) e da deflexão reversível.
8.4 - Procede-se, em seguida, à análise visual dos valores de QI e trincamento, de modo a serem delimitados os segmentos que apresentem valores semelhantes desses parâmetros.
8.5 - A análise conjunta dos dois grupos homogêneos, obtidos como antes descrito, resultará na divisão do trecho em segmentos homogêneos.
(...)
8.8 - Recomenda-se que a deflexão seja o parâmetro predominante na divisão em subtrechos homogêneos".

Com o intuito de identificar os segmentos em que o pavimento evidencia comportamentos homogêneos, essa metodologia também preconiza as análises individualizada e conjunta dos principais parâmetros que caracterizam o comportamento dos pavimentos. Com o objetivo de propiciar uma visão mais ampla e contextual do pavimento ao longo de todo o trecho, recomenda que os valores das deflexões reversíveis máximas, dos índices de irregularidades longitudinal (QI, atualizado para IRI) e dos índices de trincamento, sejam representados em poligonais gráficas, variações que devem ser complementadas pelas alterações da estrutura do pavimento existente e do tráfego médio diário (TMD). Ressalta-se que na definição da estrutura do pavimento, quando prospectada através de sondagens de poço realizadas utiliza-se, como marco diferencial, o ponto médio entre duas sondagens consecutivas, mesmo se sabendo que a alternância das espessuras não ocorre necessariamente no ponto médio.

Os "diagramas de variação" das poligonais retrocitadas são estabelecidos de forma visual, não sendo indicado qualquer procedimento analítico ou matemático para o tratamento das variáveis; as segmentações individualizadas permitem a análise das variações específicas de cada parâmetro considerado, as quais, analisadas *a posteriori* em conjunto, permitem definir os segmentos em que o pavimento externa homogeneidade comportamental.

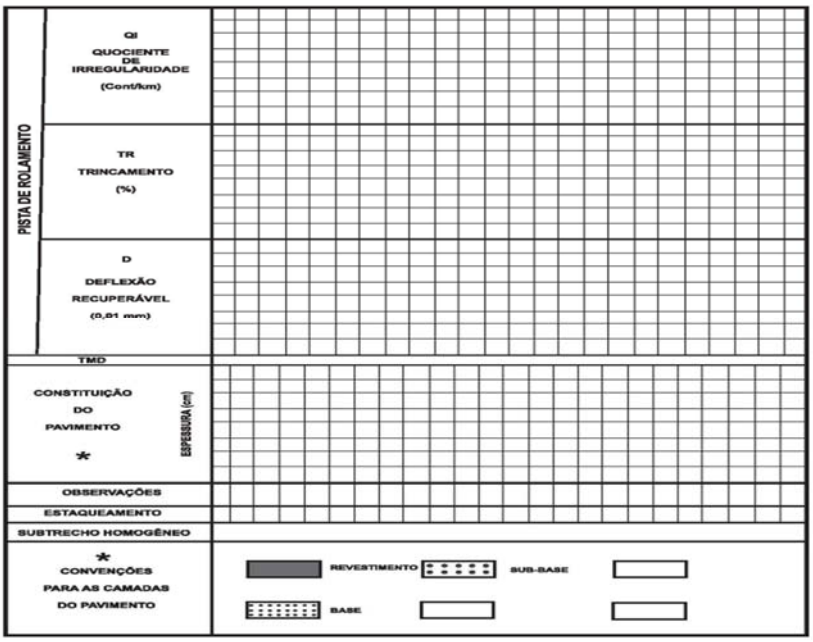


Figura 18 - Lineares Sinópticos – DNER-PRO 269/94

c) *"Proposição Strata" para definição de pavimentos homogêneos através dos Procedimentos DNIT*

Conforme vem de se relatar, os distintos métodos de dimensionamento de reforço de pavimentos do DNIT preconizam, para a definição de pavimentos que externam comportamentos homogêneos, a consideração de parâmetros de comportamento por vezes bastante distintos. Entretanto, em que pesem as diferenças observadas, não se considera pertinente o descarte de qualquer parâmetro de comportamento, haja vista que suas análises individuais e combinadas podem se fazer extremamente importantes. Destarte, julga-se fundamentalmente importante considerar, concomitantemente, na definição de pavimentos que externem desempenhos homogêneos, todo o espectro de parâmetros de comportamento que se apresentem: a proposição básica é a de se contemplar conjuntamente todas as proposições preconizadas pelos Procedimentos DNIT (PRO-10, PRO-11, PRO-159 e PRO-269), quais sejam:

a) *Estaqueamento ou quilometragem;*
b) *Deflexões recuperáveis em ambas as trilhas de roda;*
c) *Raios de Curvatura;*
d) *IRI (ou QI);*
e) *Flechas nas trilhas de roda ($F_{máx.}$);*
f) *Percentuais de Trincamento;*
g) *Configuração da terraplenagem;*
h) *Constituição do pavimento;*
i) *Litologias (natureza das rochas originárias) que constituem o subleito e características*
j) *Existência de água freática no subleito;*
k) *Tráfego médio diário (TMD);*
l) *Principais defeitos constatados na superfície da pista de rolamento.*

A análise conjunta desses parâmetros listados, obtidos como antes descrito, resultará seguramente numa divisão do trecho em segmentos homogêneos mais adequada e consistente.

4.2.3.6.Determinação do Índice de Gravidade Global (IGG)

Para a aplicação correta da metodologia de avaliação DNIT 006/2003 PRO, devem ser considerados os grupos de defeitos listados no item 7.1 Frequências absolutas e relativas, os quais deverão ter suas ocorrências anotadas estaca por estaca, alternadamente; são eles:

Grupo 1. FC-1 (Trincas isoladas: FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR)
Grupo 2. FC-2 (J, TB)
Grupo 3. FC-3 (JE, TBE)
Grupo 4. Afundamentos Plásticos (ALP, ATP)
Grupo 5. Ondulações/Corrugações e Panelas (O, P)
Grupo 6. Exsudação (EX)
Grupo 7. Desgaste (D)
Grupo 8. Remendos (R)

Seguidamente deve ser definida a frequência absoluta (f_a) de cada defeito, ou seja, o número de vezes que ocorre em cada ***Segmento Homogêneo - SH*** (Segmentação Homogênea definida preliminarmente de acordo com os Métodos de Dimensionamento do DNIT) e posteriormente deve ser calculada a frequência relativa (f_r), ou seja, percentual de suas ocorrências em relação ao número de estacas que compreende cada SH, a partir da equação:

$$f_r = \frac{f_a \, x \, 100}{n}$$

onde:

f_r – frequência relativa;
f_a – frequência absoluta;
n – número de estações inventariadas dentro do segmento homogêneo;

Por fim são realizados os cálculos do Índice de Gravidade Individual (IGI) de cada um dos oito grupos de patologias acima definidos *para cada segmento homogêneo*, utilizando um fator de ponderação – também denominado "fator de gravidade" – correspondente a cada tipo de ocorrência através da equação:

$$IGI = f_r \, x \, f_p$$

onde:

f_r – frequência relativa;
f_p – fator de ponderação

Ainda complementando os parâmetros de comportamento que devem ser tidos em conta no inventário da superfície dos pavimentos, a normativa do DNIT preconiza o levantamento das "*flechas nas trilhas de roda interna e externa" (TRI e TRE)* as quais devem ser medidas em cada estação de trabalho; devem ser contempladas suas respectivas médias (ẋ) e variância (σ^2) - variável aplicada com o objetivo de se avaliar quão distantes os valores estão da média; nesse caso, a proposta de adoção da **variância populacional** é a de se avaliar todos os valores de um segmento homogêneo e não apenas uma "amostra":

$$x_{médio} = \frac{\Sigma x_i}{n}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma(x_i - x_{médio})^2}{n-1}}$$

onde:

$\dot{x}$ – média aritmética dos valores das flechas medidas (TRI e TRE);
x_i – valores individuais;
σ – desvio padrão dos valores das flechas medidas (TRI e TRE);
σ^2 – variância dos valores das flechas medidas (TRI e TRE).

Na sequência, os resultados da média e da variância são ponderados conforme critério abaixo, com o intuito de se obter o cálculo do IGI das médias das flechas e do IGI das médias das variâncias das flechas:

- se a média aritmética das flechas for ≤ 30 mm, o fator de ponderação é igual a **4/3**; se maior, o **IGI = 40**;
- se a média das variâncias for ≤ 50 mm, o fator de ponderação é igual a 1,0; se maior, o **IGI = 50**.

Com base nos resultados obtidos, promove-se finalmente o cálculo do Índice de Gravidade Global, o qual é obtido a partir da soma de todos os Índices de Gravidade Individuais (IGI), empregando-se a expressão e a tabela apresentadas a seguir:

$$IGG = \Sigma IGI$$

RODOVIA:	PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)					Data:	Folha:
	TRECHO:					Estaca ou Quilômetro	Estaca ou Quilômetro
	SUB-TRECHO:		REVESTIMENTO TIPO:				
Item	Natureza do defeito	Freqüência absoluta	Freqüência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR				0,2		
2	(FC – 2) J, TB				0,5		
3	(FC – 3) JE, TBE				0,8		
4	ALP, ATP, ALC, ATC				0,9		
5	O, P, E				1,0		
6	EX				0,5		
7	D				0,3		
8	R				0,6		
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE =	TRI =	F =	1 A ( ) 1 B ( )		
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv =	TRIv =	FV =	2 A ( ) 2 B ( )		
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n =	∑ IND. GRAVID. IND. = IGG				Conceito
1A) IGI = $\bar{F}$ x 4/3 quando $\bar{F} \leq 30$			2A) IGI = $\overline{FV}$ quando $\overline{FV} \leq 50$			Operador	
1B) IGI = 40 quando $\bar{F} > 30$			2B) IGI = 50 quando $\overline{FV} > 50$			Cálculo	
						Visto	

Figura 19 - Planilha de Cálculo do Índice de Gravidade Global – IGG

Da análise dessa tabela constata-se que os valores do IGG podem variar de 0 a 500 (valor *máximo maximorum*), intervalo que o ***Prof. Armando Martins Pereira*** utilizou para a proposição de níveis conceituais tradutores dos diversos estados de serventia que podem externar um pavimento rodoviário; em seu trabalho original, dividiu os níveis de degradação em ***quatro grupos conceituais***, definidos conforme indicado na ***Norma DNER PRO-008/78***:

CONCEITUAÇÃO DO PAVIMENTO DNER PRO-008/78	
LIMITES DO IGG	CONCEITO
0 ≤ IGG ≤ 20	Bom
20 < IGG ≤ 80	Regular
80 < IGG ≤ 180	Ruim
180 < IGG ≤ 500	Péssimo

Figura 20 - Conceituação do Pavimento DNIT PRO-008/1978

Posteriormente, em uma revisão normativa (DNIT PRO 006/2003), o DNIT modificou a correspondência original entre os valores do IGG e os índices de serventia externados pelo pavimento – sem justificativa plausível e desprezando inclusivamente o valor cabal IGG = 180 estabelecedor de soluções de Reconstrução pelo PRO-11/79 – tendo adotado a variação proposta apresentada a seguir, inspirada na ***Metodologia Paragon***; a nova classificação é indicada na tabela apresentada a seguir:

CONCEITUAÇÃO DO PAVIMENTO DNIT PRO-006/2003	
LIMITES DO IGG	CONCEITO
0 ≤ IGG ≤ 20	Ótimo
20 < IGG ≤ 40	Bom
40 < IGG ≤ 80	Regular
80 < IGG ≤ 160	Ruim
> 160	Péssimo

Figura 21 - Conceituação do Pavimento DNIT PRO-006/2003

4.2.3.7. Particularidades a serem consideradas na aplicação da norma DNIT PRO 006/2003 e Considerações Complementares no Cálculo do Índice de Gravidade Global (IGG)

Na modificação normativa processada pelo DNIT em 2003, o valor máximo a ser alcançado pelo IGG é igual a 500 – idêntico ao do trabalho original – condição a ser atingida quando da presunção de ocorrência de todos os defeitos em todas as estacas analisadas. Entretanto, torna-se importante cotejar as considerações apontadas na última versão da retromencionada instrução normativa com aquelas originalmente propostas pelo ***Prof. Armando Martins Pereira*** quando do desenvolvimento de sua proposição metodológica (Norma DNIT PRO 008/78). A título de rememoração técnica, vale lembrar algumas das premissas fundamentais:

- No que tange à detecção de trincas, a norma antiga (1978) define que, para efeito de ponderação, quando em uma mesma estação forem constatadas as existências de trincas tipos 1, 2 e 3, só serão consideradas as trincas tipo 3 para a definição do número de ocorrências - frequências absoluta e relativa (em percentagem) – e cálculo do Índice de Gravidade Individual ($IGI_{Fissuração}$); do mesmo modo, quando forem verificadas ocorrências somente de trincas dos tipos 1 e 2 em uma mesma estação, só deverão ser consideradas as trincas tipo 2.

- Complementarmente, fica implícito ainda que, caso sejam constatadas trincas isoladas de diferentes gêneses em uma mesma estaca (exemplo: FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR), deverão ser elas devidamente anotadas na Planilha de Inventário da Superfície de Pavimentos, mas *suas ocorrências simultâneas deverão ser consideradas apenas uma única vez em termos de ocorrência para o cálculo das frequências absoluta e relativa (em percentagem) e do Índice de Gravidade Individual* (IGI_{FC-1}); de igual forma, caso constatados diferentes tipos de fissuras em estágios mais evoluídos

(exemplo: jacaré com erosão - JE e trincas de bloco com erosão – TBE, ambas FC-3) em uma mesma estaca, deverão ser elas devidamente anotadas, mas *tratadas como uma única ocorrência de FC-3* no cálculo do IGI_{FC-3}; o mesmo se dá quando constatadas simultaneamente trincas Jacaré – J e trinca de bloco – TB, ambas FC-2, que embora careçam ser devidamente anotadas, deverão ser *tratadas como uma única ocorrência de FC-2* no cálculo do IGI_{FC-2}.

- De grande importância, cabe ainda destacar que, embora não citados especificamente, os defeitos listados em grupos (exemplo: "Panela e Ondulação") devem ser considerados através de procedimentos análogos: quando ocorrentes em uma mesma estaca, devem ser eles igualmente anotados, mas *considerados apenas uma única vez em termos de ocorrência para o cálculo das frequências absoluta e relativa (em percentagem) e do Índice de Gravidade Individual* ($IGI_{Panela/Ondulação}$); caso consideradas independentemente ambas as ocorrências, (panela e ondulação) verificar-se-ia para uma cada delas – no caso de uma incidência de 100% – um IGI = 100, condição esta que explodiria naturalmente a premissa básica de que o IGG máximo é igual a 500: a contabilização individualizada desses dois defeitos responde naturalmente por um acréscimo do IGG que no caso de ocorrência plena, atingiria um IGG = 600.

- Raciocínio idêntico deve ser considerado para o caso dos defeitos denominados Afundamento Localizado Plástico (ALP) e Afundamento na Trilha Plástico (ATP), os quais são listados conjuntamente no mesmo grupo de degradações. Quando ocorrentes em uma mesma estaca, devem ser eles igualmente anotados, mas *considerados apenas uma única vez em termos de cálculo das frequências absoluta e relativa (em percentagem) e do Índice de Gravidade Individual* ($IGI_{Afundamento\ Plástico}$); caso consideradas concomitantemente ambas as ocorrências, verificar-se-ia para uma cada delas – no caso de incidência de 100% – um IGI = 90, condição esta que responderia pela explosão da premissa básica de IGG = 500: a contabilização individualizada desses dois defeitos responderia pela obtenção, na incidência plena, por um valor de IGG = 590.

- Em suma, uma eventual contemplação individualizada de todos os defeitos listados em "***grupos***" – "*fissura Jacaré (J) e trinca de bloco (TB)"*; "*fissura jacaré com erosão (JE) e trincas de bloco com erosão (TBE)"*; "*ondulações (O) e panelas (P)"*; e "*afundamentos plásticos localizados (ALP) e nas trilhas de roda (ATP)"* responderia, para quaisquer níveis absolutos e relativos de ocorrências, por majorações substanciais do índice de gravidade do pavimento (IGG), bastante e suficiente para mascarar, de formas muitas vezes comprometedoras, o índice de serventia externado pelo pavimento analisado.

Por outro lado, cabe ainda destacar que na revisão normativa processada ***DNIT PRO-006/2003*** constatam-se proposições extremamente ruinosas ao cálculo do IGG, materializadas pela junção – agrupamento – de alguns defeitos considerados isolamente na hipótese originalmente concebida ***(DNER-PRO 008/78)***. Como exemplo, citam-se nomeadamente:

- os afundamentos por consolidação – <u>*Afundamento Localizado por Consolidação - ALC*</u> e <u>*Afundamento na Trilha por Consolidação – ATC*</u>, incorporados no grupo composto por "ALP e ATP", e

- os <u>*Escorregamento de Massa - E*</u>, este incorporado ao grupo composto pelas "panelas e ondulações",

defeitos esse que deveriam ser objeto de anotação, porém não contemplados para efeitos de quantificação – ou pontuação – do IGG, conforme apresentado nas ilustrações apresentadas a seguir; na Figura 23, evidencia que o IGG máximo era igual a 500 e que defeitos ***"ALC"***, ***"ATC"*** e ***"E"***, não compunham o rol dos defeitos a serem quantificados e ponderados:

INVENTÁRIO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO

Data: / / Folha:

Rodovia: Trecho: Tipo de Revestimento: Estaca ou Quilômetro Estaca ou Quilômetro

Subtrecho: Operador:

Estaca ou km	Seção Terrap.	Ok	FC-1						FC-2		FC-3		ALP (4)	ATP (4)	O (5)	P (5)	EX (6)	D (7)	R (8)	ALC	ATC	E	FLECHAS		Observações
			F1 (1)	TTC (1)	TTL (1)	TLC (1)	TLL (1)	TRR (1)	J (2)	TB (2)	JE (3)	TBE (3)											TRI	TRE	

Figura 22 - Ficha de Inventário DNER PRO-008/78

PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)

Data: / / Folha:

Rodovia: Trecho: Tipo de Revestimento: Estaca ou Quilômetro Estaca ou Quilômetro

Subtrecho:

Item	Natureza do Defeito	N I	Frequência Relativa	Coeficiente de Ponderação	Índice de Gravidade Individual	Observações
1	(FC-1) F1, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR			0,2		
2	(FC-2) J, TB			0,5		
3	(FC-3) JE, TBE			0,8		
4	ALP, ATP			0,9		
5	O e P			1		
6	Ex			0,5		
7	D			0,3		
8	R			0,6		
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE			4/3 (I)		
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas			1,0 (II)		
Nº Total de Estações Inventariadas		Σ Índice de Gravidade Individual = I.G.G				Conceito:

1 { $\overline{ISI} = F \times 4/3$ quando $\overline{F} \leq 30$; $\overline{ISI} = 40$ quando $\overline{F} > 30$ }

2 { $\overline{ISI} = FV$ quando $\overline{FV} \leq 50$; $\overline{ISI} = 50$ quando $\overline{FV} > 50$ }

OPERADOR

CÁLCULO

VISTO

Figura 23 - Planilha de cálculo do Índice de Gravidade Global (IGG) DNER PRO-008/78

Assim, no âmbito do presente projeto, julgou-se importante alertar a Equipe Técnica do DNIT quanto às inconsistências que poderiam advir da consideração de tais modificações, haja vista

que as inadequabilidades conceptivas admitidas falseiam e potencializam, de maneira notável, os valores do Índice de Gravidade Global do Global – IGG. A título de esclarecimento mais específico, descrevem-se as incoerências constatadas:

- o defeito denominado *Afundamento na Trilha por Consolidação – ATC* constitui, na realidade, a *Flecha nas Trilha de Roda* (*externa - TRE e interna - TRI*), parâmetro este explicitamente considerado em ambas as versões e que assume uma enorme responsabilidade no cálculo do IGG. Com efeito, comprova a presente assertiva o fato de o Professor Armando ter considerado no cálculo do IGG os valores das flechas nas trilhas de roda e também suas variâncias, parâmetro complementar contemplado para avaliar, embora de forma indireta, a irregularidade longitudinal do pavimento em cada segmento homogêneo; como a variância é uma medida de dispersão que mostra o quão distante cada valor do conjunto se dispõe em relação à média, a dispersão constitui uma forma extremamente inteligente de se avaliar a irregularidade longitudinal, numa época em que não existiam sequer medidores tipo-resposta.

- A consideração concomitante de "*afundamentos nas trilhas por consolidação – ATC*" – a serem definidos com base na acuidade visual do avaliador – e de "*flechas nas trilhas de roda*" – mensuradas de forma objetiva por diversos equipamentos – responde pela pontuação duplicada do mesmo defeito, condição esta que replica em majorações do IGG substancialmente mais elevadas. Ressalta-se que as flechas médias e a suas variâncias foram devidamente pontuadas com fatores de responsabilidade elevados: nos casos extremos de $F_{médio} > 30mm$, adotar ISI = 40 e $FV_{médio} > 50$, adotar ISI = 50, os quais, somados têm a equivalência dos ALP e/ou ATP.

- No que tange ao *Afundamento Localizado por Consolidação – ALC*, embora passíveis de ocorrência em áreas pequenas e localizadas - não coincidentes com as trilhas de roda - são raros e decorrem da existência original de pequenos "borrachudos" verificados na fase executiva do pavimento; ocorrem em pontos específicos e não necessitam de quantificação e tampouco de ponderação.

- Quanto ao defeito denominado "*Escorregamento de Massa (E)*", julga-se importante maiores reflexões, haja vista que suas manifestações podem se materializar de formas completamente distintas consoante se tratem de revestimentos asfálticos espessos ou delgados. Em ***camadas espessas***, dotadas de massa inercial significativa e peso aderente, o escorregamento de massa se manifesta através de fissurações bastante típicas, de forma parabólica, nascente sob as áreas de contato dos pneus e com ramos dispostos no sentido de deslocamento dos veículos pesados; as bandas parabólicas "abraçam" as impressões de contato, ocorrendo de *forma sequencial e em extensões mais significativas*. Em ***camadas delgadas***, as ocorrências se manifestam de forma idêntica, porém, como se tratam de camadas desprovidas de massa inercial significativa e normalmente executadas com deficiências de aderência (falta de limpeza da superfície antiga e/ou da inexistência de pintura de ligação/imprimação), verifica-se, após o trincamento parabólico, o "arrastamento" da massa sequelada; ocorrem predominantemente em *pontos específicos e localizados*.



Figura 24 - Escorregamento de camadas asfálticas espessas com indicação do sentido do tráfego



Figura 25 - Escorregamento de camadas asfálticas delgadas com indicação do sentido do tráfego

No procedimento de avaliação de pavimentos os “escorregamentos de massa” de *camadas espessas* - de enorme gravidade e ocorrentes em extensões maiores - são levantados e quantificados como “fissuração FC-3”, enquanto que, quando ocorrentes em *camadas delgadas* - menos graves e localizados - são identificados e quantificados como “escorregamentos de massa” e atualmente componentes do grupo “panelas e ondulações”; a postulação contida na norma DNIT-006/2003-PRO responde por certo desequilíbrio conceitual, pois o “escorregamento de massa delgada” será aferido por um fator de severidade igual a 1,0 enquanto o “escorregamento de massas espessa” será aferido com fator de severidade igual a 0,8.

4.2.4. AVALIAÇÃO E CONCEITUAÇÃO DO PAVIMENTO ATRAVÉS DA NORMA DNIT PRO-006/2003

4.2.4.2.Introdução

O presente relatório tem como objeto de estudo o trecho da Rodovia GO-330(2B) compreendido entre Ipameri e o Entr. GO-020 (Próx. Roncador), com extensão total de 40,00 km e constituído em pista simples, com duas faixas de tráfego de largura média de 3,30m cada e acostamentos descontínuos em ambas as extremidades – cada qual com largura média de 1,00m. O referido segmento inicia-se no entroncamento da GO-352, na cidade de Ipameri, e estende-se até o entroncamento desta mesma rodovia com a GO-020.

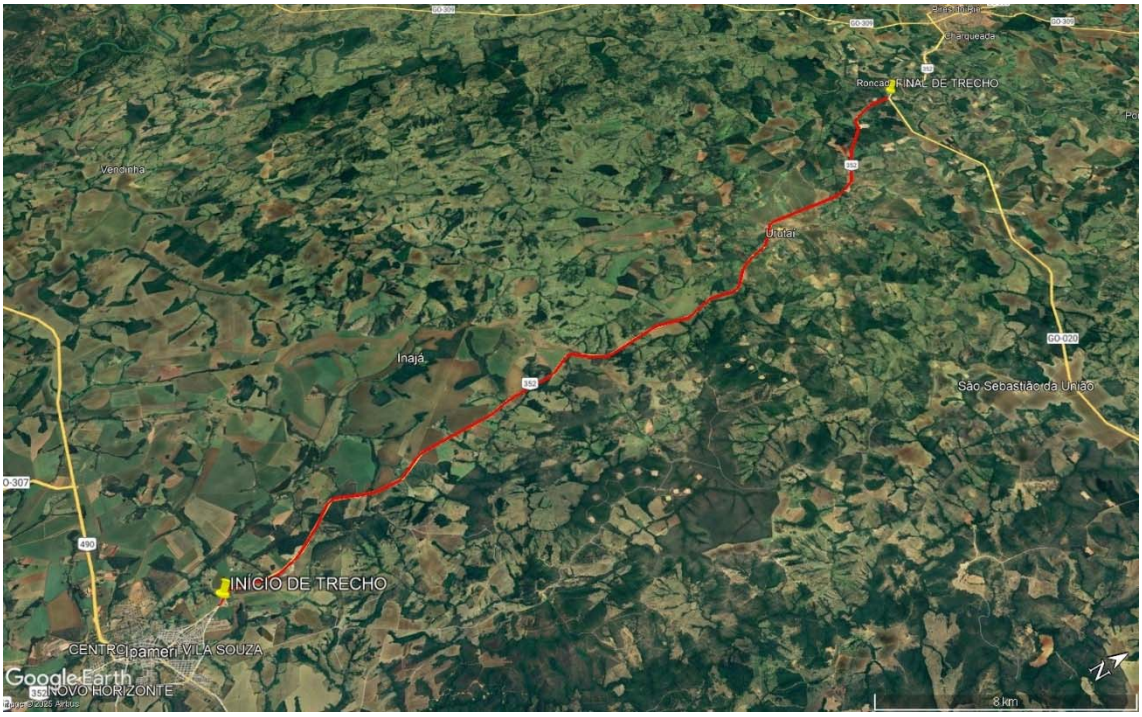


Figura 26 – Disposição Georreferenciada do trecho em questão

4.2.4.3.Aspectos Gerais da Região e Entorno

O segmento em análise constitui uma rota estratégica de transporte entre as cidades de Ipameri, Urutaí e Roncador, com seu marco final situado no entroncamento próximo ao município de Roncador. No trajeto, além do centro urbano de Urutaí, há outros pequenos povoados, mas a região carece de grandes indústrias ou estabelecimentos comerciais relevantes. Contudo, observa-se a presença de pequenas propriedades particulares ao longo das margens da pista.

A seguir é apresentado um Croqui Esquemático da Rodovia GO-3302B com o objetivo de ilustrar os fatores intervenientes e pontos de referência existentes ao longo do trecho.

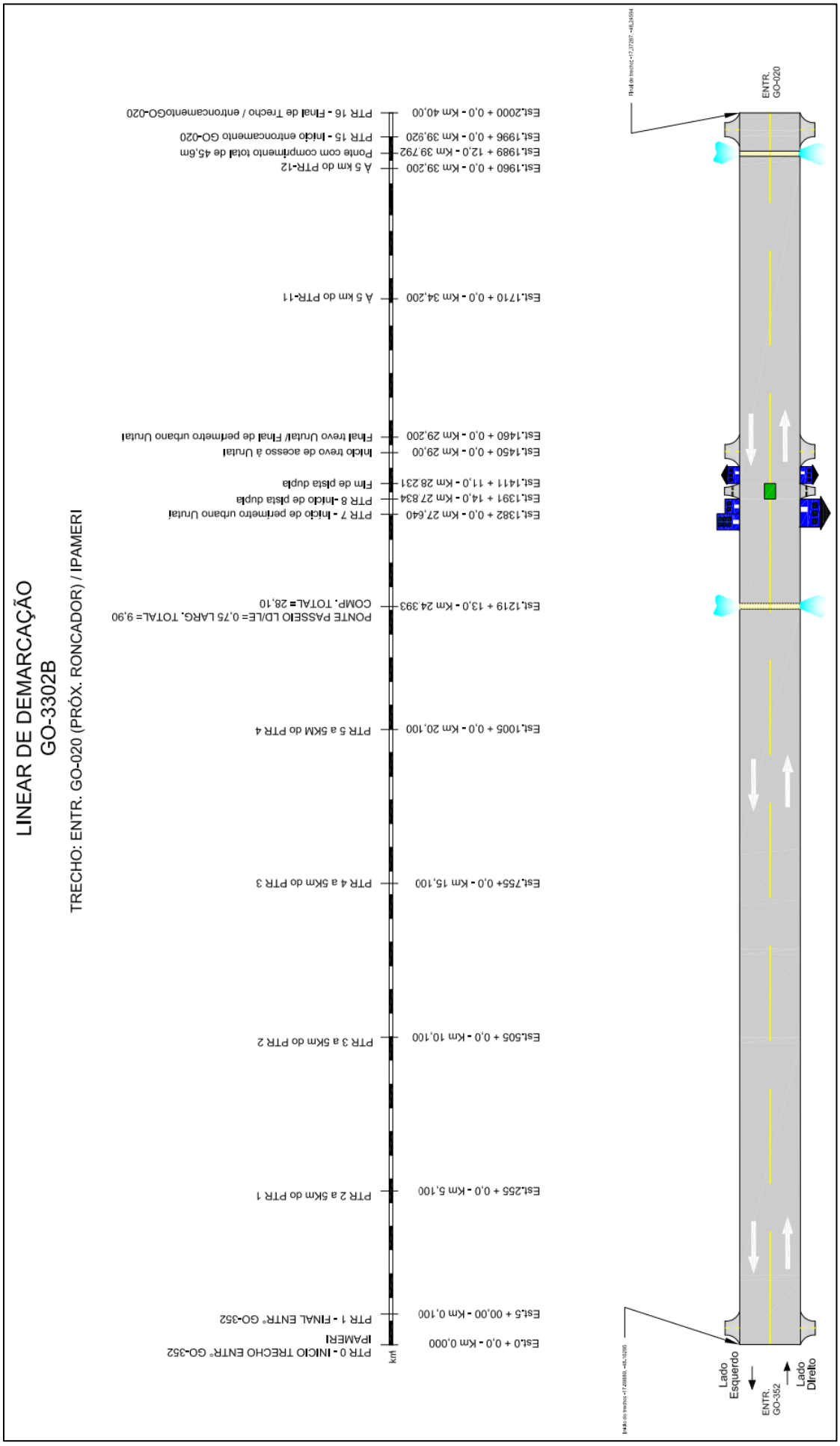


Figura 27 – Croqui Esquemático da Rodovia

4.2.4.4.Aplicação da Norma DNIT-PRO 006/2003

Os trabalhos de avaliação foram iniciados pela **Demarcação da Base Quilométrica (DBQ)** ao longo de todo o trecho, tendo-se empregado, para o efeito, o equipamento denominado ***Automated Mark System***, uma máquina de pintura especial com distanciômento regulado por um "***encoder ótico***" de altíssima precisão, acoplado a um ***GPS – Global Positioning System*** de última geração operando em dupla frequência L1/L2; o equipamento promove a demarcação das estacas duodecamétricas - dispostas a cada 20 m - com tinta branca e das estacas hectométricas (a cada 100 m), também com tinta amarela; todas as estacas foram devidamente georreferrenciadas e as hectométricas numeradas sequencialmente.



Figura 28 – Demarcação Automatizada e Georreferenciada

Seguidamente, em que pese os distintos métodos de dimensionamento de reforço de pavimentos do DNIT preconizarem, para a definição de pavimentos que externam comportamentos homogêneos, a consideração de parâmetros de comportamento por vezes bastante distintos, julgou-se não procedente o descarte de qualquer parâmetro de comportamento, haja vista que suas análises individuais e combinadas podem se fazer extremamente importantes.

Assim considerando, promoveu-se o levantamento em contínuo do estado da superfície – inventário – e a medição de todos os parâmetros de comportamento preconizados pelos diferentes métodos de dimensionamento; a contemplação espectral e concomitantemente de todos os parâmetros preconizadas pelos Procedimentos DNIT PRO - 10, 11, 159 e 269 visou permitir uma definição mais consistente e adequada dos segmentos em que o pavimento externa sequenciais comportamentais distintos.

Na sequência, são listados os principais parâmetros levantados, suas respectivas formas de obtenção e respectivas magnitudes.

4.2.4.4.1. Levantamentos efetuados e resultados obtidos

4.2.4.4.1.1.Filmagem digital com vídeo registro da superfície do pavimento

A filmagem do pavimento foi processada em contínuo ao longo de cada faixa de tráfego empregando o equipamento denominado ***Ortogonal Pavement Scanner***, o qual processa a filmagem ortogonal da superfície do pavimento por meio de câmera filmadora digital de altíssima resolução - do tipo Full HD (1920x1080 pixels). Toda a filmagem é processada em uma mesma base de referência bidimensional, determinada pelo trabalho conjugado de um ***encoder ótico*** para registro das distâncias percorridas com um ***GPS – Global Positioning System*** de última geração, operando em dupla frequência L1/L2 (L1 utiliza comprimentos de onda com 19 cm e L2 comprimentos de onda com 24 cm); o resultado dessa associação garantiu a perfeita disposição sequencial ao longo do trecho e o sistema de gravação (vídeo-registro/encoder) permitiu a identificação, a localização e caracterização de todas as manifestações ocorrentes no pavimento.

4.2.4.4.1.2.Levantamento visual contínuo do estado da superfície (LVC)

O levantamento de todas as manifestações de ruína externadas pelo pavimento existente foi realizado a partir de análises das filmagens digitais contínuas, as quais permitem detectar, identificar a natureza, avaliar a gravidade e definir a área comprometida de cada defeito detectado, tarefa facilitada sobremaneira pelo software de visualização que permite "percorrer" a estrada (comandos de ida e volta) – no escritório – tantas vezes quantas necessárias e aplicar "zoom" nas manifestações de mais difícil detecção.

4.2.4.4.1.3.Inventário da superfície

As filmagens, realizadas em contínuo por faixa de tráfego (3,5m), apreciadas por *software* especialmente desenvolvido que faculta as demarcações gráficas longitudinais de cada estaca e das extensões dispostas 3,0m avante e 3,0m a ré – áreas de 21,0m^2 – permitiram a identificação dos defeitos ocorrentes em estacas dispostas sequencialmente, de forma alternada em relação ao eixo da pista conforme prescrito pela norma ***DNIT-006/2003-PRO***.

Os levantamentos das manifestações de ruína foram devidamente processados e as manifestações de ruína ocorrentes gravadas em Fichas de "*Levantamento do Inventário da Superfície do Pavimento*" conforme o modelo apresentado a seguir; – Avaliação Objetiva da Superfície do Pavimento (IGG) com Cadastro dos Acostamentos. Complementarmente, com o objetivo de propiciar uma visão holística e contextual da intensidade das manifestações de ruína detectadas ao longo do trecho, julgou-se oportuno e ilustrativo apresentar suas distribuições de forma gráfica, em lineares sinópticos:

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO

RODOVIA: GO-330 (2B) **PISTA/LADO:** SIMPLES/DIREITO E ESQUERDO

TRECHO: ENTR GO-352 - IPAMERI / ENTR GO-020 **EXTENSÃO TRECHO:** 40,000 Km

km	ESTACA	SEÇÃO TRANSV.	OK	TRINCAS										AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRILHAS DE RODA		OBS.
				FC-1						FC-2		FC-3		PLÁSTICO		CONSOL.										
				FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	J	TB	JE	TBE	ALP	ATP	ALC	ATC	O	P	E	EX	D	R	TRI	TRE	
				(1)						(2)		(3)		(4)		(4)		(5)			(6)	(7)	(8)			
0,000	0 + 0,00	A	x																					3,90	4,50	
0,020	1 + 0,00	A	x																					1,00	0,10	
0,040	2 + 0,00	A	x																					4,50	4,50	
0,060	3 + 0,00	A	x																					2,30	1,10	
0,080	4 + 0,00	A								x														0,40	0,80	
0,100	5 + 0,00	A	x																					1,60	1,90	
0,120	6 + 0,00	A	x																					1,60	1,20	
0,140	7 + 0,00	A								x		x				x						x		0,30	1,90	
0,160	8 + 0,00	A										x				x								3,40	0,80	
0,180	9 + 0,00	A	x																					1,10	0,30	
0,200	10 + 0,00	A	x																					3,40	1,40	
0,220	11 + 0,00	A	x																					1,00	1,40	
0,240	12 + 0,00	A	x																					1,20	10,90	
0,260	13 + 0,00	A	x																					0,60	1,50	
0,280	14 + 0,00	A	x																					0,20	4,10	
0,300	15 + 0,00	A										x												2,20	0,80	
0,320	16 + 0,00	A	x																					0,20	1,70	
0,340	17 + 0,00	A					x					x												3,10	3,90	

Figura 29 – Ficha de levantamento das ocorrências de defeitos (estado da superfície)

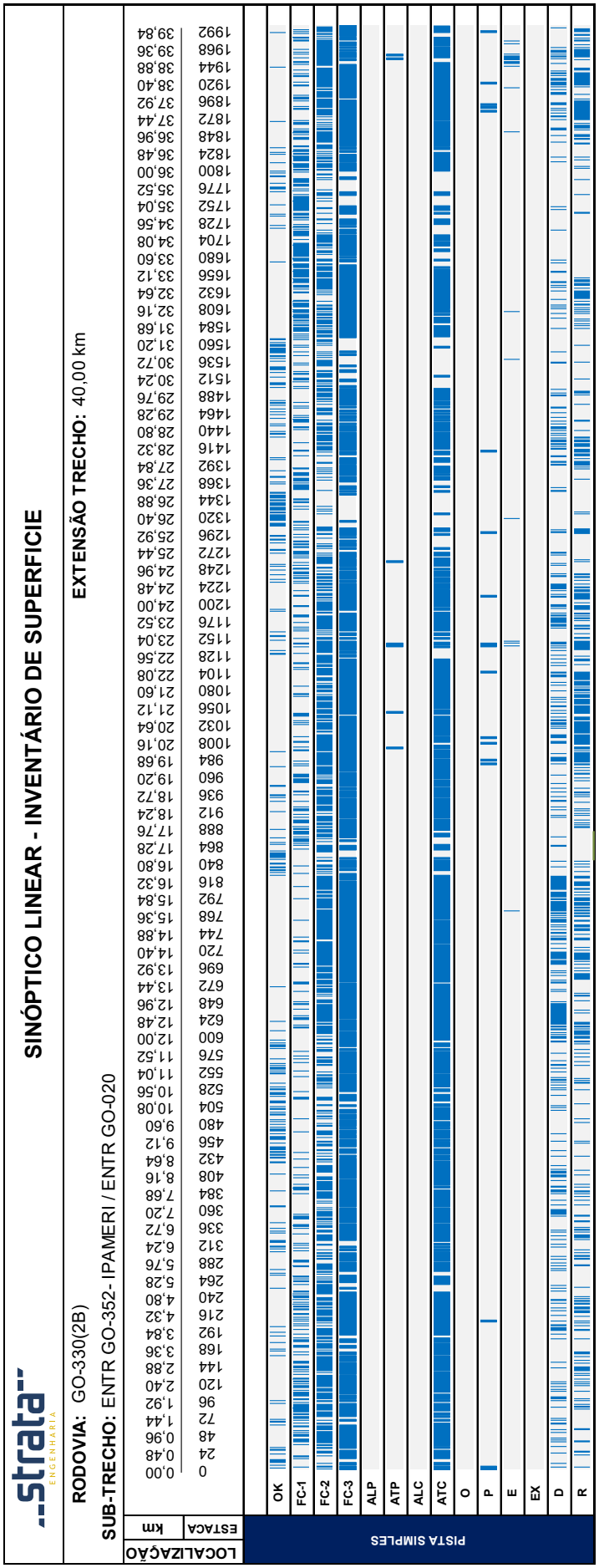


Figura 30 – Levantamento Visual Contínuo - Linear Sinóptico dos defeitos constatados por estaca (Tratamento conjunto das duas faixas de tráfego)

4.2.4.4.1.4.Percentuais de trincamento

Nos levantamentos das condições de superfície realizados de acordo com a Norma DNIT 006/2003 PRO, foram anotadas as ocorrências de fissurações Classes 1, 2 e 3. Entretanto, tendo em conta que o método de dimensionamento PRO-269/94 preconiza a definição dos respectivos percentuais de trincamento nas superfícies de avaliação, promoveram-se os respectivos cálculos, procedimento facilitado pela disponibilidade dos levantamentos com vídeo-registro, processados em contínuo com altíssima resolução.

Para o efeito, foram determinadas as superfícies de avaliação que apresentaram fissurações Classes 2 e 3 e procedido o cálculo do percentual de trincamento através da expressão:

$$TR = \frac{TRI}{S}\ x\ 100$$

onde:

TR = trincamento, em %
TR = total das áreas com trincamento de "FC 2 e/ou 3", bem com eventuais "panel "remendos" contidos na superfície de avaliação, em m^2;
S = área da superfície de avaliação, em m^2.

4.2.4.4.1.5.Deflexões Reversíveis Máximas

O levantamento das deflexões reversíveis máximas do pavimento existente foi processado por meio do equipamento ***Falling Weight Deflectometer – FWD*** (Especificação DNER-PRO 273/96) aplicando uma carga dinâmica (energia potencial gravitacional) de ***4.100 kgf*** distribuída em uma placa com diâmetro ***Ø = 30,5 cm***, condição que proporcionou uma pressão de contato σ_c ***= 5,6 kgf/cm²*** aplicada durante um tempo da ordem de t_c ***= 0,01/ 0,02 segundos***.

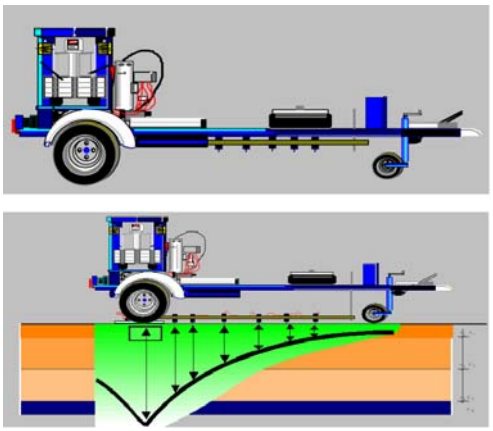


Figura 31 – Representação esquemática do *Falling Weight Deflectometer* (FWD) e da linha de influência dos assentamentos reversíveis

No caso presente, dadas as características dos materiais constituintes do pavimento existente – pavimento flexível - o posicionamento dos 7 geofones captadores das deflexões reversíveis do FWD foi estabelecido em consonância com a proposição estabelecida pelo ***Programa SHRP***; as posições adotadas são indicadas a seguir.

Geofone Nº	Denominação da Deflexão Reversível	Distância em Relação ao Centro da Placa (cm)
1	D_0	0
2	D_{20}	20
3	D_{30}	30
4	D_{45}	45
5	D_{60}	60
6	D_{90}	90
7	D_{120}	120

Figura 32 – Posição dos sete Geofones instalados no FWD

Os resultados obtidos permitiram a definição das ***deflexões reversíveis máximas*** medidas a cada 20 metros, em pontos dispostos alternadamente ao longo de ambas as faixas de tráfego e os resultados obtidos foram plotados em tabelas apropriadas e dispostos sob forma gráfica, em lineares sinópticos, como apresentado a seguir:

LEVANTAMENTO DEFLECTOMÉTRICO (FWD)

RODOVIA: GO-330 **SENTIDO:** CRESCENTE **FAIXA:** 1

TRECHO: ENTR. GO-020 (PRÓX. RONCADOR) / IPAMERI **EXTENSÃO:** 40,000 km

DISTÂNCIA (km)	ESTACA	PRESSÃO NOM. (kPa)	CARGA NOM. (kN)	TEMPERATURA (°C)		DEFLEXÕES (0.01 mm)							Raio C. (m)	DATA	HORA
				Ar	Sup	D0	D20	D30	D45	D65	D90	D120			
0,000	0	623	44	14	22	53,0	26,6	14,7	7,8	5,0	2,7	2,3	75,8	29/05/2024	12:30:00
0,020	1	635	45	13	22	46,4	27,2	15,8	8,8	5,4	2,9	2,1	104,2	29/05/2024	12:31:00
0,060	3	613	43	13	22	67,7	41,7	25,9	14,5	9,3	6,0	4,7	76,9	29/05/2024	12:32:00
0,100	5	610	43	13	22	62,5	42,4	30,3	20,7	14,4	8,1	5,5	99,5	29/05/2024	12:33:00
0,140	7	614	43	13	22	46,7	32,6	23,3	16,1	11,8	7,0	4,9	141,8	29/05/2024	12:34:00
0,180	9	614	43	13	22	43,2	30,1	23,2	17,0	12,5	7,5	5,4	152,7	29/05/2024	12:34:00
0,220	11	611	43	14	22	46,1	22,9	15,6	11,4	9,2	6,4	5,2	79,4	29/05/2024	12:35:00
0,260	13	613	43	14	21	60,3	39,6	27,6	19,4	14,4	9,0	6,5	96,6	29/05/2024	12:36:00
0,300	15	616	44	14	22	60,4	36,5	24,7	16,0	11,3	7,0	5,1	83,7	29/05/2024	12:36:00
0,340	17	620	44	14	22	60,8	40,3	27,4	19,0	13,7	8,2	5,8	97,6	29/05/2024	12:37:00
0,380	19	580	41	14	21	163,4	119,3	83,7	55,5	37,4	18,7	11,4	45,4	29/05/2024	12:38:00
0,420	21	615	43	14	20	36,7	25,4	16,9	10,1	6,3	3,7	3,2	177,0	29/05/2024	12:38:00
0,460	23	625	44	14	19	33,8	24,4	17,9	12,6	8,7	5,6	3,6	212,8	29/05/2024	12:39:00
0,500	25	616	44	14	18	32,3	23,9	17,7	12,3	9,4	5,8	4,8	238,1	29/05/2024	12:40:00
0,540	27	614	43	14	20	44,3	31,5	23,9	17,7	12,1	7,4	5,4	156,3	29/05/2024	12:40:00
0,580	29	607	43	14	19	48,9	35,0	26,0	18,0	12,9	7,1	5,2	143,9	29/05/2024	12:41:00
0,620	31	613	43	14	20	37,0	27,6	21,4	15,4	11,4	7,0	5,1	212,8	29/05/2024	12:42:00
0,660	33	606	43	14	22	82,6	60,5	44,2	31,0	22,6	13,2	8,7	90,5	29/05/2024	12:42:00
0,700	35	607	43	14	22	82,9	64,5	41,2	24,6	15,8	7,8	6,0	108,7	29/05/2024	12:43:00
0,740	37	609	43	14	22	86,7	62,8	37,2	25,5	17,5	10,2	8,5	83,7	29/05/2024	12:43:00
0,780	39	588	42	14	22	115,4	86,6	55,0	32,9	21,8	11,0	7,3	69,4	29/05/2024	12:44:00
0,820	41	597	42	14	22	106,1	75,0	50,7	28,8	18,2	10,5	7,5	64,3	29/05/2024	12:45:00

Figura 33 - Modelo de apresentação de resultados obtidos em levantamentos deflectométricos processados com o FWD (Deflexões Reversíveis máximas – D0)

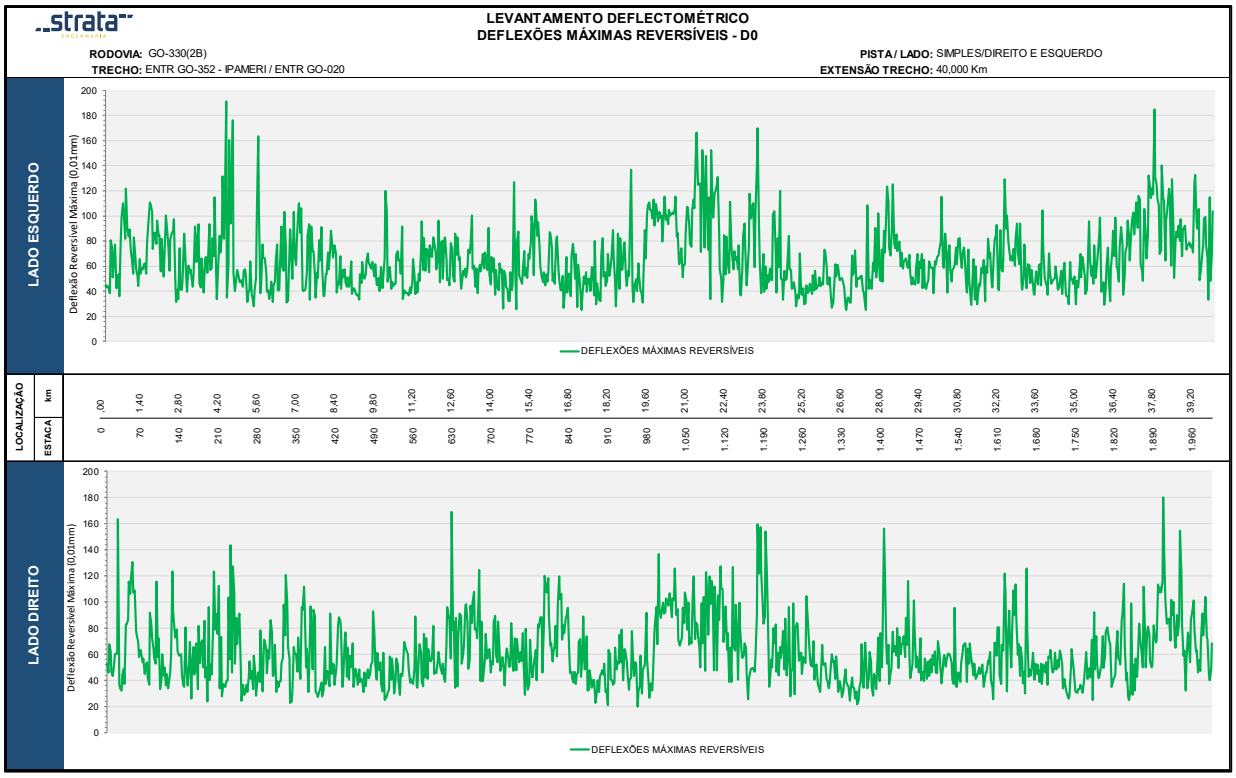


Figura 34 - Representação gráfica das deflexões reversíveis – D0 – Pista Simples.

4.2.4.4.1.6.Raios de Curvatura

O cálculo do raio de curvatura das linhas de influência dos assentamentos reversíveis foi processado de acordo com recomendações do DNIT através da admissão da representação da linha de influência dos assentamentos reversíveis por uma parábola do 2º grau, aproximação geométrica através da qual se procura avaliar o grau de curvatura imposto ao pavimento durante as solicitações. A admissão dessa lei disciplinadora, o conhecimento da deflexão máxima (D_0) e de mais uma deflexão sequencial distante de um espaçamento definido (D_x), permite calcular o raio de curvatura do arco parabólico, o qual é associado ao raio de curvatura da bacia de deformação conforme ilustrado a seguir:

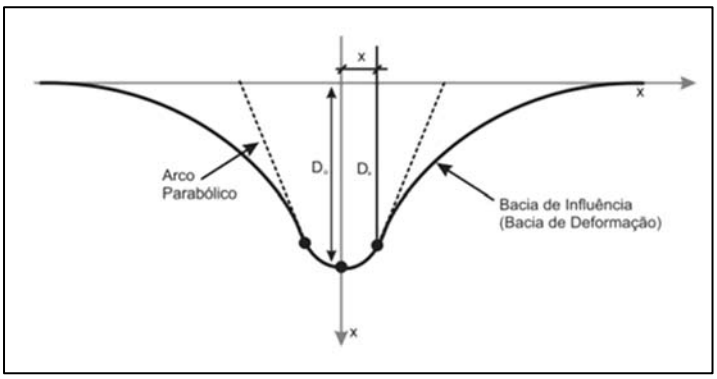


Figura 35 - Representação Gráfica do Raio de Curvatura

Assim, considerando a deflexão máxima – $\boldsymbol{D_0}$ e uma deflexão $\boldsymbol{D_x}$ distanciada de uma abscissa $\underline{\boldsymbol{x}}$ – o raio de curvatura pode ser definido pela equação a seguir descrita:

$$\boldsymbol{R = \frac{x^2}{2(D_0 - D_x)}}$$

Como a exigência é de que o raio seja expresso em metros, a retromencionada equação parabólica toma a forma:

$$\boldsymbol{R = \frac{10x^2}{2(D_0 - D_x)}}$$

Assim considerando, em que pese o DNIT ter padronizado que o raio de curvatura representativo da uma linha de influência deve ser calculado considerando a distância x = 25 cm, sabe-se que a representação da curvatura de uma parábola do 2º grau é tão mais correta quanto mais próximo o ponto considerado se encontre de seu vértice (da deflexão reversível máxima).

No tocante a essa determinação, quando utilizada a Viga Benkelman, os resultados obtidos são pouco precisos e difíceis de serem medidos, pois a leitura do extensômetro mecânico deve ser processada durante o deslocamento de um caminhão após o início, num ponto correspondente à distância de 25 cm, contada desde o início do ensaio.

Todavia, em que pese as dificuldades de operação, que demanda para além da adivinhação do instante exato que a impressão de contato sobrepõe o ponto referencial (25 cm), a comunicação verbal instantânea entre os técnico medidor de distância e o operador da viga (extensômetro mecânico para promover a leitura) - procedimento que demanda um tempo de percepção-reação

significativo quando se trata de um veículo se deslocando – as medições foram devidamente processadas e os resultados obtidos com o emprego da forma apresentada a seguir:

$$R = \frac{6250}{2(D_0 - D_{25})}$$

Quando da utilização do FWD, essa exigência pode ser facilmente resolvida, bastando interpolar linearmente as medidas calculadas para os Geofones D_{20} e D_{30} posicionados respectivamente a 20 cm e 30 cm do centro de aplicação de carga.

Os resultados obtidos são dispostos de forma gráfica na figura a seguir:

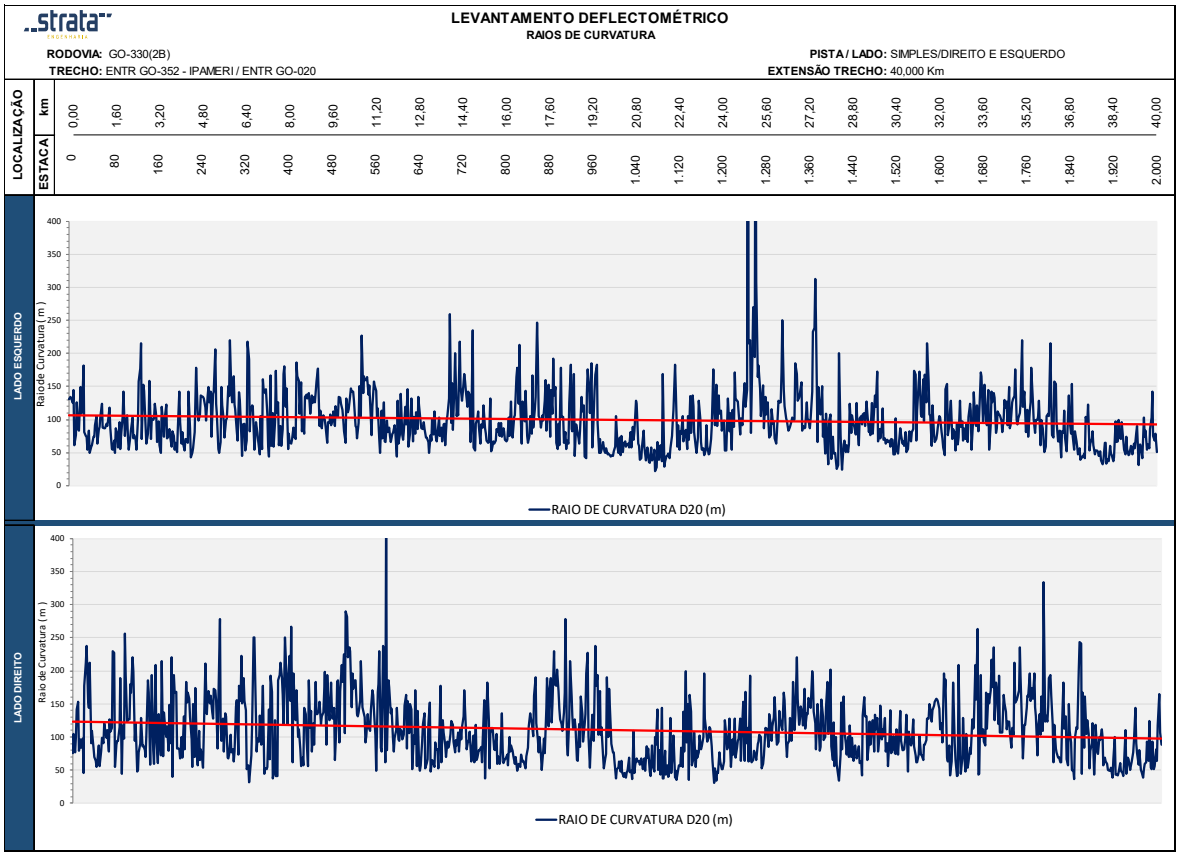


Figura 36 - Representação gráfica do Raio de Curvatura entre D0 e D20 – Pistas Simples.

4.2.4.4.1.7.Irregularidade Longitudinal – IRI

O levantamento da irregularidade longitudinal externada pelos pavimentos, por faixa de tráfego, foi processado através da medição, em contínuo, do *International Roughness Index* (IRI), parâmetro tradutor das características de conformação geométrica longitudinal da pista. As medições, nas duas trilhas de roda, foram processadas através de um Perfilógrafo Longitudinal a Laser **(*High Speed Three Laser Profiler*)** de acordo com a classificação do *HPMS Field Manual* – dotado de 3 (três) sensores a laser, interfaceados com "laptop" de bordo através de softwares de aquisição, análise e interpretação de dados.

Os resultados obtidos – por trilha de roda e tratados a cada 20m (valores médios) – expressos em m/km - foram plotados em tabelas específicas conforme modelo exposto a seguir gravados sequencialmente em representações gráficas lineares:

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL
INTERNATIONAL ROUGHNESS INDEX - IRI

RODOVIA: GO-330 (2B) **PISTA / LADO:** SIMPLES/DIREITO E ESQUERDO
TRECHO: ENTR GO-352 - IPAMERI / ENTR GO-020 **EXTENSÃO TRECHO:** 40,000 KM

ESTACA DE LEVANTAMENTO						DISTÂNCIA (km)		IRI (m/km)				OBSERVAÇÃO
INICIAL			FINAL			INICIAL	FINAL	IRI (TRE)	IRI (TRI)	IRI (Médio)	IRI (Máximo)	
0	+	0,0	1	+	0,0	0,00	0,02	4,50	3,90	4,20	4,50	
1	+	0,0	2	+	0,0	0,02	0,04	7,90	2,60	5,25	7,90	
2	+	0,0	3	+	0,0	0,04	0,06	4,50	4,50	4,50	4,50	
3	+	0,0	**4**	+	0,0	0,06	0,08	0,20	2,50	1,35	2,50	
4	+	0,0	5	+	0,0	0,08	0,10	0,80	0,40	0,60	0,80	
5	+	0,0	6	+	0,0	0,10	0,12	0,90	1,00	0,95	1,00	
6	+	0,0	7	+	0,0	0,12	0,14	1,20	1,60	1,40	1,60	
7	+	0,0	8	+	0,0	0,14	0,16	1,60	4,10	2,85	4,10	
8	+	0,0	9	+	0,0	0,16	0,18	0,80	3,40	2,10	3,40	
9	+	0,0	10	+	0,0	0,18	0,20	1,40	3,40	2,40	3,40	
10	+	0,0	11	+	0,0	0,20	0,22	1,40	3,40	2,40	3,40	
11	+	0,0	12	+	0,0	0,22	0,24	1,10	5,30	3,20	5,30	
12	+	0,0	13	+	0,0	0,24	0,26	10,90	1,20	6,05	10,90	
13	+	0,0	14	+	0,0	0,26	0,28	4,10	0,50	2,30	4,10	
14	+	0,0	15	+	0,0	0,28	0,30	4,10	0,20	2,15	4,10	
15	+	0,0	16	+	0,0	0,30	0,32	1,00	0,20	0,60	1,00	
16	+	0,0	17	+	0,0	0,32	0,34	1,70	0,20	0,95	1,70	
17	+	0,0	18	+	0,0	0,34	0,36	4,30	1,50	2,90	4,30	
18	+	0,0	19	+	0,0	0,36	0,38	17,60	2,80	10,20	17,60	
19	+	0,0	20	+	0,0	0,38	0,40	3,40	3,20	3,30	3,40	

Figura 37 - Modelo de apresentação de resultados das medições do IRI, considerados intervalos de 20m por faixa de tráfego

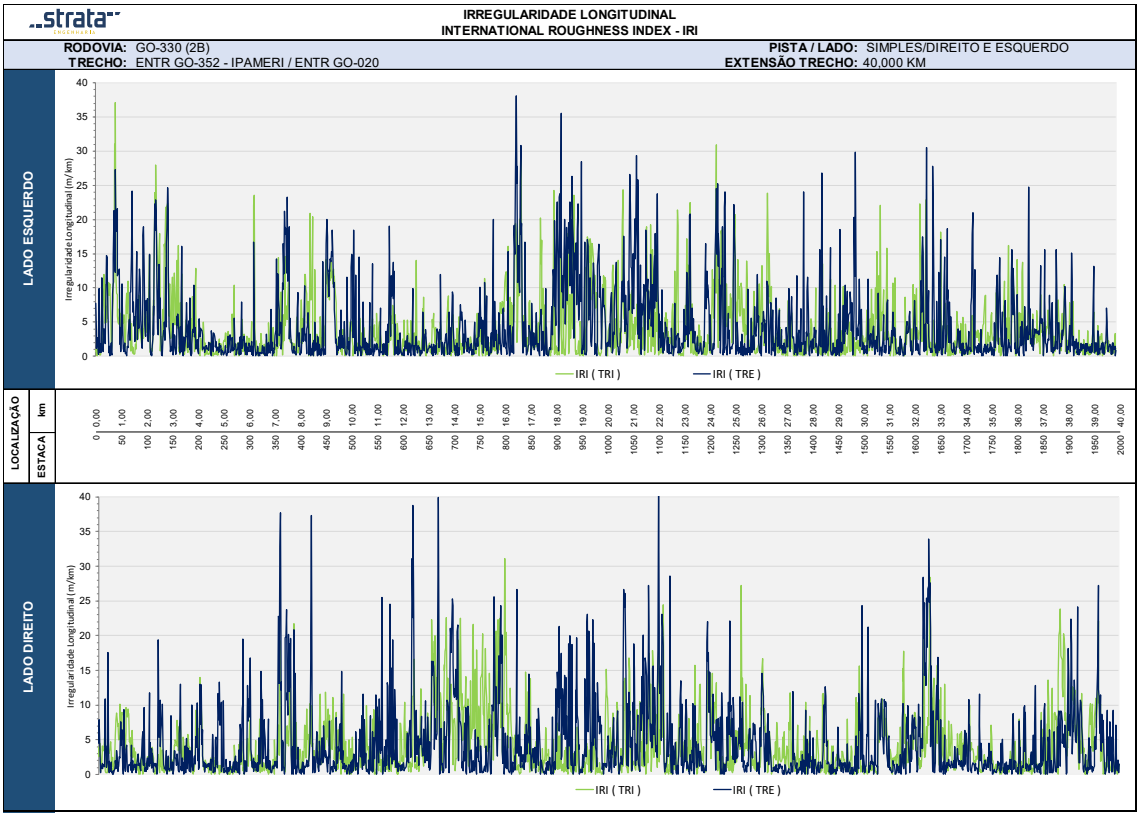


Figura 38 - Representação Gráfica do *International Roughness Index* – IRI, tratados a cada 20m por faixa de tráfego

4.2.4.4.1.8.Flecha nas trilhas de roda (Fmáx)

O levantamento da irregularidade transversal dos pavimentos foi processado por meio de um **transverso - perfilógrafo a laser** – Classe II (sem contato) – capaz de realizar a filmagem digital de um feixe de raio laser projetado no pavimento com inclinação da ordem dos 22,5º, o qual revela a integralidade da conformação geométrica externada pela seção transversal do pavimento; esse levantamento, processado em contínuo, ao gravar "*in totum*" o perfil transversal, permite definir as magnitudes das flechas em ambas as trilhas de roda ($F_{máx.}$) e também as flechas relativas (Δl/l) em contínuo, bem como identificar as naturezas das deformações permanentes constatadas (se plásticas ou por consolidação, cisalhamento ou perda de materiais).

Como o processo de filmagem ocorre de forma contínua, os dados obtidos podem ser processados para qualquer intervalo desejado; no caso presente, optou-se por determinar o valor representativo de cada estaca como sendo o valor médio obtido ao longo de intervalos de 20 m para ambas as faixas de tráfego. Os resultados obtidos, por trilhas de roda, foram calculados e gravados em planilhas apropriadas - idênticas à ilustrada a seguir; presentemente, os resultados obtidos, ilustrados sob forma gráfica, são apresentados a seguir em lineares sinópticos:

strata ENGENHARIA

IRREGULARIDADE TRANSVERSAL
FLECHA NA TRILHA DE RODA

RODOVIA: GO-330(2B) **EXTENSÃO TRECHO:** 40,000 Km

TRECHO: ENTR GO-352 - IPAMERI / ENTR GO-020 **PISTA / LADO:** SIMPLES / LADO DIREITO

ESTACA DE LEVANTAMENTO						DISTÂNCIA (km)		TRILHA DE RODA (mm)				OBSERVAÇÃO
INICIAL			FINAL			INICIAL	FINAL	TRI	TRE	TR MÉDIA	TR MÁXIMA	
0	+	0,0	1	+	0,0	0,000	0,020	3,90	4,50	4,20	4,50	
1	+	0,0	2	+	0,0	0,020	0,040	2,60	7,90	5,25	7,90	
2	+	0,0	3	+	0,0	0,040	0,060	4,50	4,50	4,50	4,50	
3	+	0,0	4	+	0,0	0,060	0,080	2,50	0,20	1,35	2,50	
4	+	0,0	5	+	0,0	0,080	0,100	0,40	0,80	0,60	0,80	
5	+	0,0	6	+	0,0	0,100	0,120	1,00	0,90	0,95	1,00	
6	+	0,0	7	+	0,0	0,120	0,140	1,00	1,20	1,40	1,60	
7	+	0,0	8	+	0,0	0,140	0,160	4,10	1,60	2,85	4,10	
8	+	0,0	9	+	0,0	0,160	0,180	3,40	0,80	2,10	3,40	
9	+	0,0	10	+	0,0	0,180	0,200	3,40	1,40	2,40	3,40	
10	+	0,0	11	+	0,0	0,200	0,220	3,40	1,40	2,40	3,40	
11	+	0,0	12	+	0,0	0,220	0,240	5,30	1,10	3,20	5,30	
12	+	0,0	13	+	0,0	0,240	0,260	1,20	10,90	6,05	10,90	
13	+	0,0	14	+	0,0	0,260	0,280	0,50	4,10	2,30	4,10	
14	+	0,0	15	+	0,0	0,280	0,300	0,20	4,10	2,15	4,10	
15	+	0,0	16	+	0,0	0,300	0,320	0,20	1,00	0,60	1,00	
16	+	0,0	17	+	0,0	0,320	0,340	0,20	1,70	0,95	1,70	
17	+	0,0	18	+	0,0	0,340	0,360	1,50	4,30	2,90	4,30	
18	+	0,0	19	+	0,0	0,360	0,380	2,80	17,60	10,20	17,60	
19	+	0,0	20	+	0,0	0,380	0,400	3,20	3,40	3,30	3,40	
20	+	0,0	21	+	0,0	0,400	0,420	3,10	0,20	1,65	3,10	

Figura 39 - Modelo de apresentação de resultados das medições das Flechas nas Trilhas de Roda considerados intervalos de 20 m

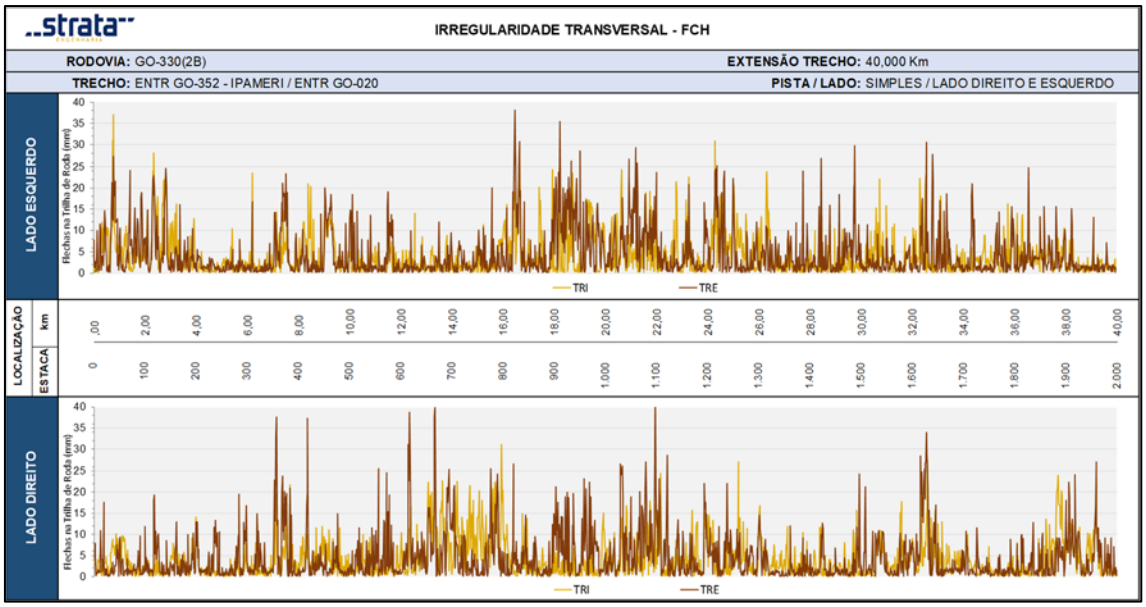


Figura 40 - Representação Gráfica das Flechas nas Trilhas de Roda, tratados a cada 20 m intercalado

4.2.4.4.2. Estrutura constitutiva do pavimento existente

O estudo específico das camadas dos pavimentos existentes se fundamentou na execução de sondagens de poço, em cada um dos segmentos homogêneos determinados, para definição do número de camadas existentes, definição da natureza dos materiais constituintes das camadas granulares do pavimento (base e sub-base) e do solo de fundação e coleta de amostras para realização dos ensaios de caracterização, compactação e capacidade de suporte; os resultados obtidos (espessuras das camadas e características geotécnicas dos materiais constitutivos) são apresentados nos Estudos Geotécnicos.

4.2.4.4.3. Geologia

O preciosismo que sempre caracterizou a vida do Prof. Armando Martins Pereira se manifesta, mais uma vez, em sua recomendação de se considerar a geologia na definição dos segmentos homogêneos de pavimentos rodoviários, solicitação de consideração da litologia e da unidade geológica como parâmetros de influência no comportamento de pavimentos rodoviários. Assim, com base no Estudo Geológico, verifica-se que a porção central da área onde o trecho está localizado é predominada por Latossolos Vermelhos Ácricos, que possuem maior relevância para o projeto. Circundando esse mosaico, encontram-se Cambissolos Háplicos, Argissolos Vermelho-Amarelos, Neossolos Litólicos e Plintossolos Pétricos.

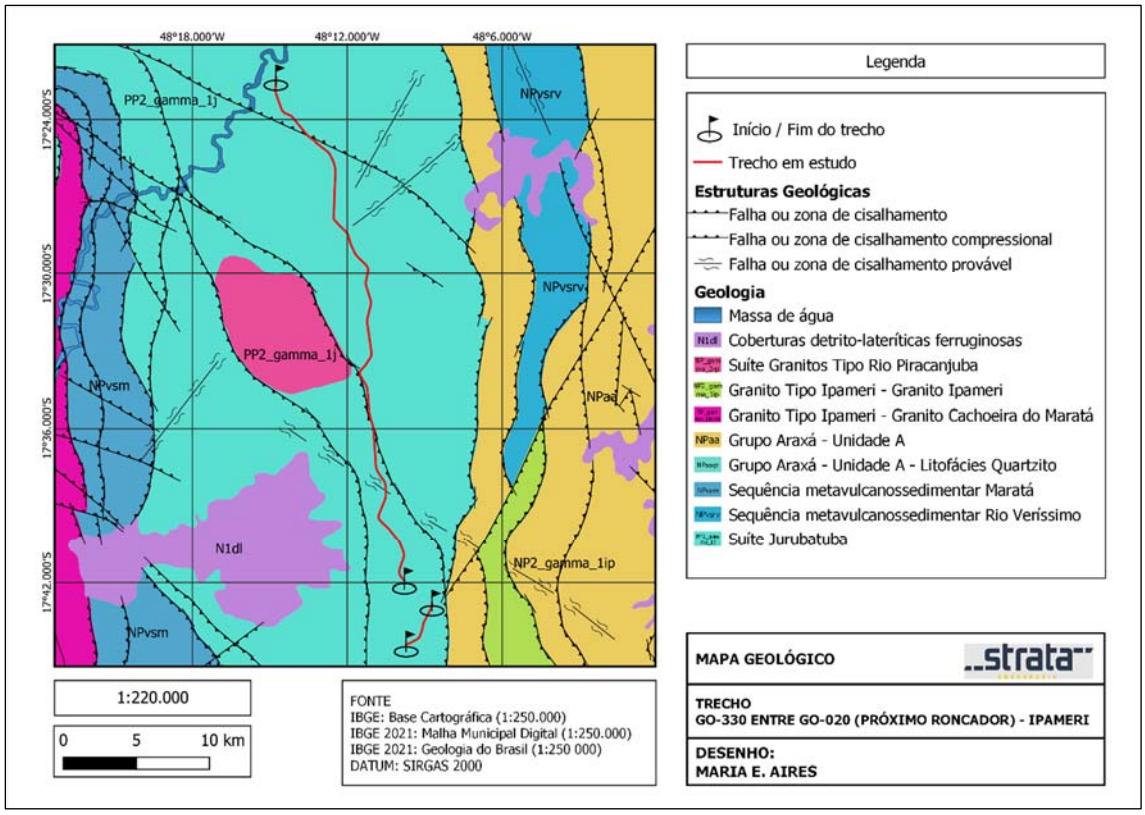


Figura 41 – Mapa Geológico (Fonte: IBGE, adaptado).

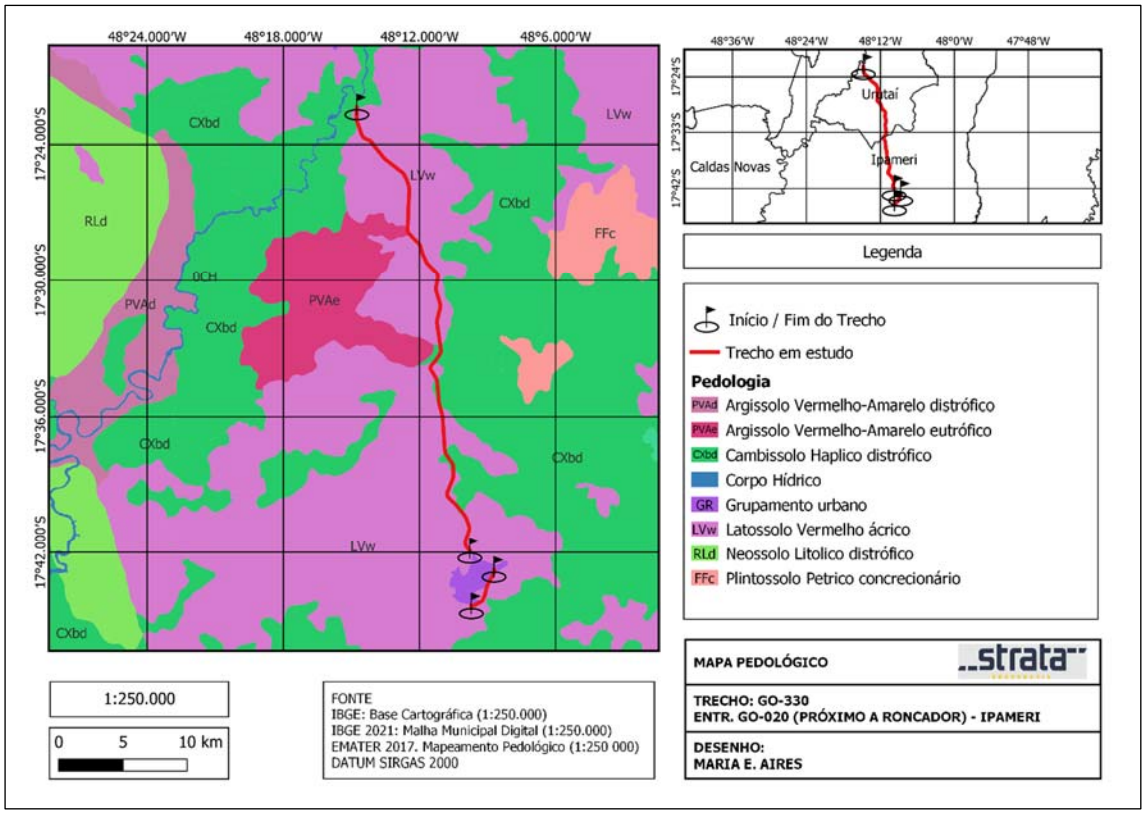


Figura 42 – Mapa Pedológico (Fonte: IBGE, adaptado).

4.2.4.4.4. Tráfego Médio Diário (TMD)

No caso presente, foram considerados os resultados obtidos por levantamentos e ponderações acerca do **Tráfego local;** o detalhamento da metodologia aplicada nos Estudo de Tráfego e os resultados obtidos (projeção do VMD ao longo período de projeto, Número N e afins) foram obtidos através de pesquisas de campo com contagens Volumétricas e Classificatórias e Ocupação de Carga.

Os resultados obtidos, contabilizados para uma vida de projeto de 10 anos, evidenciaram um Volume Médio Diário ***VMD = 3.222*** no posto de contagem ***P06***; os resultados estão sintetizados no quadro apresentado a seguir.

PROJEÇÃO DO "VMDA" E DO NÚMERO "N"										
RODOVIA: GO-330						**POSTO:** P06				
Ano	**Volume Médio Anual de Tráfego (VMDA)**					**Valores do Número "N"**				**Observações**
	Veículos-tipo				**Total**	**USACE**		**AASHTO**		
	Moto	**Passeio**	**Coletivo**	**Carga**		**Ano a Ano**	**Acumulado**	**Ano a Ano**	**Acumulado**	
2023	43	1.539	28	718	2.328	1,18E+06	***	3,40E+05	***	**Pesquisa**
2024	44	1.585	29	740	2.398	1,22E+06	***	3,50E+05	***	
2025	46	1.633	30	762	2.470	1,25E+06	1,25E+06	3,61E+05	3,61E+05	**1º ano**
2026	47	1.682	31	785	2.544	1,29E+06	2,54E+06	3,72E+05	7,33E+05	
2027	48	1.732	32	808	2.620	1,33E+06	3,87E+06	3,83E+05	1,12E+06	
2028	50	1.784	32	832	2.699	1,37E+06	5,24E+06	3,94E+05	1,51E+06	
2029	51	1.838	33	857	2.780	1,41E+06	6,65E+06	4,06E+05	1,92E+06	**5º ano**
2030	53	1.893	34	883	2.863	1,45E+06	8,11E+06	4,18E+05	2,33E+06	
2031	54	1.950	35	910	2.949	1,50E+06	9,60E+06	4,31E+05	2,77E+06	
2032	56	2.008	37	937	3.038	1,54E+06	1,11E+07	4,44E+05	3,21E+06	
2033	58	2.068	38	965	3.129	1,59E+06	1,27E+07	4,57E+05	3,67E+06	
2034	60	2.130	39	994	3.222	1,64E+06	**1,44E+07**	4,71E+05	**4,14E+06**	**10º ano**
Composição Percentual do Tráfego (%)				**Parâmetros Adotados no Cálculo do Número de Operações do Eixo-padrão de 8,2 t - Número "N"**						
Moto	**Passeio**	**Coletivo**	**Carga**	**Fatores de Veículo - FV**			**Fator Climático**		**Fator de Pista**	
1,85	66,11	1,20	30,84	FV_{USACE}		FV_{AASHTO}	**FR**		**FP**	
Taxas de Crescimento do Tráfego (%)				**8,676**		**2,499**	**1,000**		**0,500**	
Moto	**Passeio**	**Coletivo**	**Carga**	**Ano Inicial para o Cálculo do Número "N"**					**2025**	
3,00	3,00	3,00	3,00	**Período de Projeto para o Cálculo do Número "N"**					**10 anos**	

Figura 43 - Projeção do VMDAT e do Número N – (P03)

Assim sendo, verifica-se a existência de um tráfego usuário reduzido, composto majoritariamente por veículos de passeio, resultando em um Número "N" pela metodologia USACE igual a 1,44 x 10^7 e pela metodologia AASHTO igual a 4,14 x 10^6.

"N" $_{USACE}$ = 1,44 x 10^7

"N" $_{AASHTO}$ = 4,14 x 10^6

4.2.4.4.5. Divisão dos Segmentos de Comportamento Homogêneo

Conforme anteriormente exposto, os distintos métodos de dimensionamento de reforço de pavimentos do DNIT preconizam, para a definição de segmentos homogêneos, parâmetros por vezes bastante distintos, alheios à importância específica de cada um deles. Destarte, em que pesem as diferenças de considerações contempladas, julgou-se um desperdício o descarte de qualquer dos parâmetros de comportamentos levantados, haja vista que suas análises individuais e combinadas se apresentam sempre somativas e esclarecedoras.

Embasados nessa premissa básica e julgando de importância maior avaliar conjuntamente todos os parâmetros de comportamento levantados, o procedimento adotado foi o de somar as recomendações preconizadas pelos Métodos DNIT (PRO-10, PRO-11, PRO-159 e PRO-269). Para o efeito foram, portanto, considerados concomitantemente os seguintes parâmetros de comportamento:

- *Estaqueamento ou quilometragem;*
- *Deflexões recuperáveis em ambas as trilhas de roda;*
- *Raios de Curvatura;*
- *IRI (ou QI);*
- *Flechas nas trilhas de roda ($F_{máx.}$);*
- *Percentuais de Trincamento;*
- *Configuração da terraplenagem;*
- *Tráfego médio diário (TMD), e*
- *Principais defeitos constatados na superfície da pista de rolamento.*

Portanto, dispondo-se desse espectro saliente de parâmetros de comportamento, foram seus valores específicos dispostos sob forma gráfica em lineares sinópticos nos quais se pôde representar o conjunto dos resultados obtidos identificados sempre na mesma base de correspondência, ditada pelo estaqueamento. Seguidamente, considerando o desenvolvimento de cada parâmetro, procurou-se definir as variações sequenciais que evidenciavam diferenciação comportamental específica; a análise dos distintos parâmetros foi processada de forma visual através da interpretação dos "***diagramas de variação***", os quais permitiram definir as fronteiras tradutoras de comportamentos diferenciado ao longo do trecho.

Processada essa delimitação comportamental para cada parâmetro de comportamento considerado, o passo seguinte constituiu em se promover uma ***análise espectral*** dos parâmetros em conjunto, analisando suas fronteiras individuais e contextualizando-as no âmbito dos demais parâmetros, de forma a se poder estabelecer as ***"fronteiras finais"*** em que o pavimento externava comportamentos verdadeiramente homogêneos, distintos dos imediatamente anterior e posterior. A definição dessa uniformidade comportamental, considerando concomitantemente de todos os parâmetros levantados, demandou ajustes nas segmentações individuais – sempre pendentes para as fronteiras dos parâmetros de maior peso e responsabilidade, "penalizando" aqueles de menor importância relativa – condição que facultou a determinação dos denominados "***segmentos homogêneos***" ***(SH)***; os resultados finais são apresentados a seguir, em lineares sinópticos.

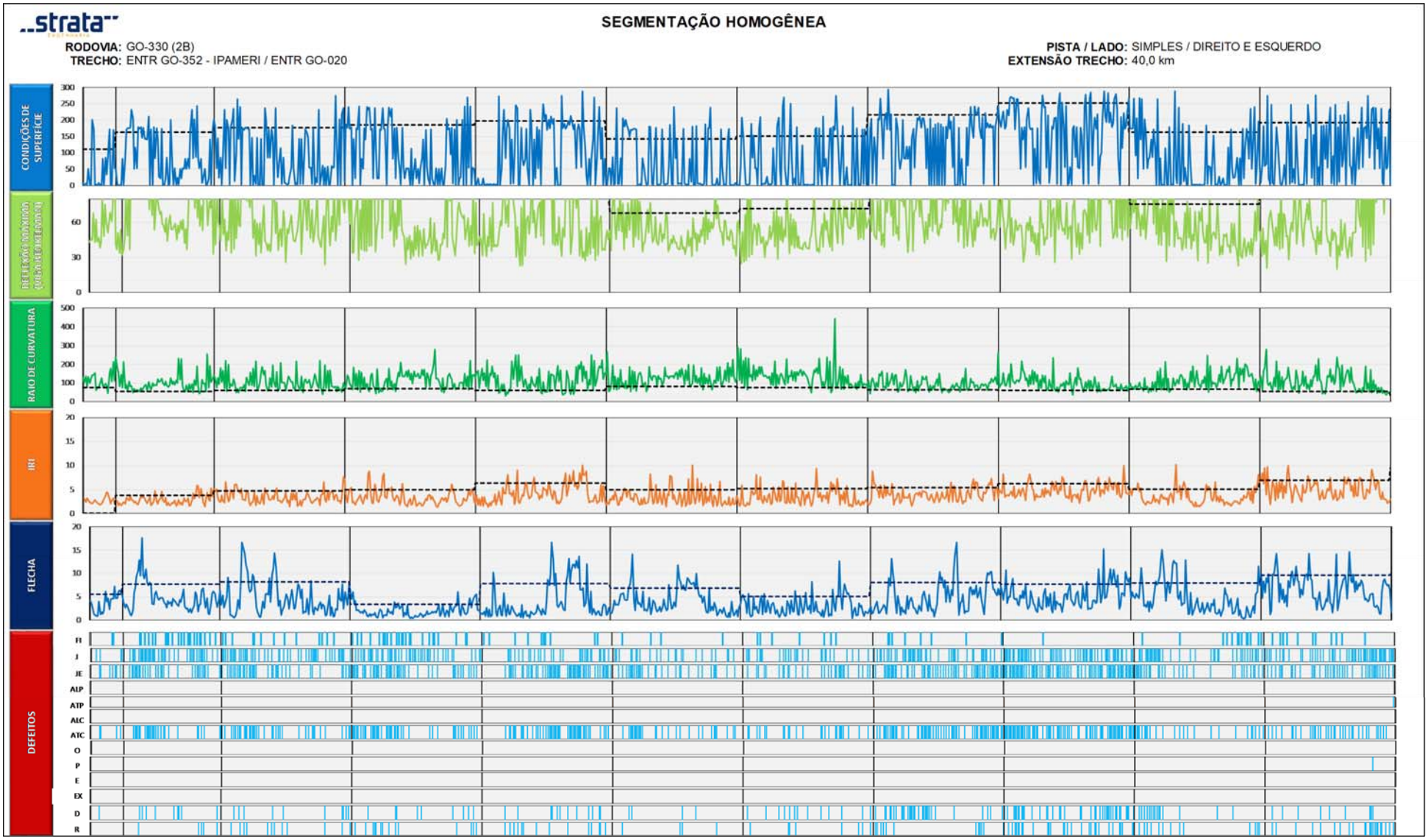


Figura 44 – Segmentação Homogênea – km 0,000 ao km 20,000 (Página 01).

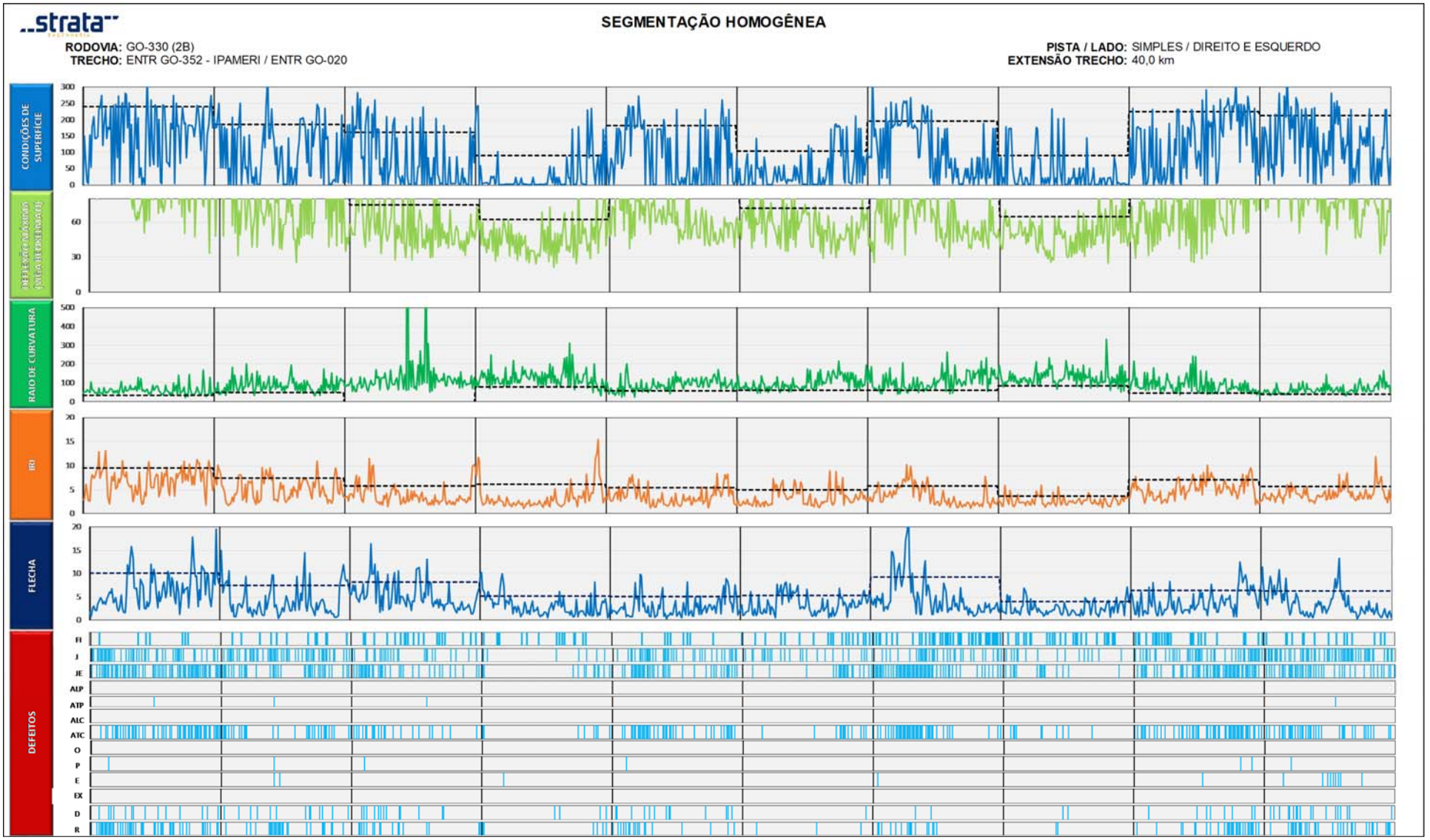


Figura 45 – Segmentação Homogênea – km 20,000 ao km 40,000 (Página 02).

4.2.4.4.6. Classificação Conceitual do Pavimento Existente de acordo com a Norma DNIT PRO 006/2003 – Cálculo do IGG

Definidos os segmentos de comportamento homogêneo, promoveu-se o cálculo de seus respectivos ***Índices de Gravidade Global – IGG***, procedimento que se iniciou pela quantificação inicial das ocorrências de cada defeito nas estacas componentes do SH (Frequência absoluta - F_a) e da respectiva Frequência relativa - F_r de ocorrência, definida em função no número de estacas afetadas. Seguidamente, afetando as frequências relativas dos fatores de responsabilidade estabelecidos para cada defeito, pôde-se calcular os respectivos ***Índices de Gravidade Individuais - IGI*** que, somados, permitiram definir os ***Índices de Gravidade Globais - IGG*** para todos os segmentos homogêneos.

A classificação proposta no âmbito da Norma DNIT PRO-006/2003 se resume, por conseguinte, em definir, para cada segmento homogêneo, o conceito de serventia que o caracteriza, sem exigências complementares. No âmbito desse procedimento, vale ainda destacar as orientações originais do Professor Armando Martins Pereira – autor da metodologia – relativas à detecção sequencial de conceitos de serventia idênticos (contíguos), os quais devem ser agrupados de forma a compor um "Segmento Homogêneo" único; sua premissa básica de alicerçava nos critérios adotados para a discretização dos valores IGG.

Desta forma, verificado o atendimento completo às exigências preconizadas pela Norma DNIT 006/2003-PRO, promoveu-se o cálculo do Índice de Gravidade Global – IGG para cada um dos segmentos homogêneos definido; os resultados obtidos na avaliação dos pavimentos analisados (Inventário de Superfície - Segmentação Homogênea - Cálculo do IGG) são apresentados a seguir em tabelas apropriadas, nas quais são listados os segmentos homogêneos detectados, identificados pelas estacas inicial e final, a quilometragem inicial e final, a extensão (considerando ambas as faixas – pista simples e terceira faixa), os percentuais de ocorrência dos defeitos, as flechas nas trilhas de roda e o Índice de Gravidade Global – IGG (Valor e Conceito).

Finalmente, com base na sequência de conceitos de serventia externada pelo pavimento, promoveu-se o agrupamento dos segmentos que se identificavam, evidenciando suas similaridades. Assim considerando, os conceitos de aptidão análogos, classificados de acordo com a normativa retrocitada, foram agrupados e sombreados (com fronteiras delimitadas), obedecendo escala cromática anteriormente definida.

4.2.4.5. Proposição de Aprimoramento da Norma DNIT 006/2003 – PRO (Varredura Métrica)

Conforme vem de se expor, o levantamento do estado da superfície do pavimento existente foi processado com pleno atendimento à norma DNIT-006/2003-PRO. Entretanto, tendo em conta que o pavimento da rodovia em questão foi objeto de filmagens em contínuo através de vídeo-registro de altíssima resolução, julgou-se válido propor uma atualização e aprimoramento – *up-grade* – na versão atual da normativa oficial, nos moldes empregados pela Metodologia Paragon, passando a contemplar a área total da superfície do pavimento: ao invés de um levantamento por amostragem (15%) realizado em estacas alternadas, o levantamento da área superficial total do pavimento (100%), procedimento mais completo que o original, proposto com o objetivo de permitir uma avaliação mais apurada e pertinente.

Para o efeito, a proposição consiste no levantamento de todos os defeitos preconizados pela norma DNIT 006/2003-PRO no âmbito da área global pertinente a cada estaca – 10,0 m avante e 10,0 m a ré em toda a largura da pista – mais expressiva que as normatizadas (3,0 m avante e 3,0 m a ré em estacas alternadas); tais áreas, contemplando conjuntamente ambas as faixas de tráfego, avaliadas "*in totum*", representam a consideração de todos os defeitos ocorrentes em 100% da área total.

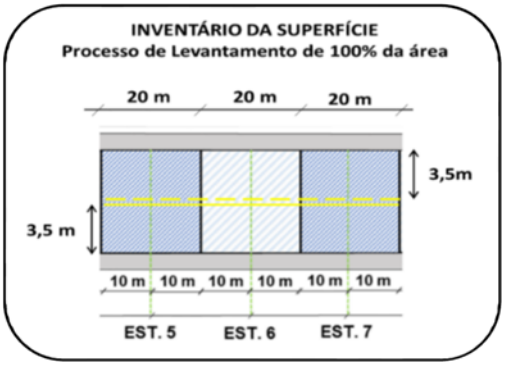


Figura 46 – Levantamento do estado da superfície – 100% da área total

Esta proposta alternativa aumenta, com certeza, o nível de confiabilidade no levantamento das manifestações de ruína externadas pelo pavimento ao longo do trecho, condição que assegura uma maior assertividade na definição da segmentação homogênea e nos cálculos dos IGG.

Assim, promoveu-se o cálculo dos ***Índices de Gravidade Global – IGG***, procedimento que se iniciou pela quantificação inicial das ocorrências de cada defeito nas estacas componentes do SH (Frequência absoluta - F_a) e da respectiva Frequência relativa - F_r de ocorrência, definida em função no número de estacas afetadas. Seguidamente, afetando-se as frequências relativas pelos fatores de responsabilidade estabelecidos para cada defeito específico, pôde-se calcular os respectivos Índices de Gravidade Individuais - IGI os quais, somados, permitiram definir os ***Índices de Gravidade Globais - IGG*** para todos os segmentos homogêneos.

AVALIAÇÃO OBJETIVA DA SUPERFÍCIE DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMI-RÍGIDOS
NORMA DNIT 006/2003 - PRO - RESUMO DIAGNÓSTICO DO PAVIMENTO

RODOVIA: GO-330 (2B) **PISTA/LADO:** SIMPLES/DIREITO E ESQUERDO
TRECHO: ENTR GO-352 - IPAMERI / ENTR GO-020 **EXTENSÃO TRECHO:** 40,000 Km

SEGMENTO						OCORRÊNCIAS EM PORCENTAGEM (%)									MÉDIA TRILHAS DE RODA		IGG	
						(1)	(2)	(3)	(4)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)				
Nº	QUILÔMETRO		ESTACA		EXTENSÃO (m)	FC-1	FC-2	FC-3	ALP / ATP	ALC / ATC	O, P, E	EX	D	R	TRI	TRE	VALOR	CONCEITO
	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL														
1	0,000	0,500	0 + 0,00	25 + 0,00	500	8,0	8,0	52,0		44,0	8,0		12,0	12,0	1,9	2,4	112,0	RUIM
2	0,500	2,000	25 + 0,00	100 + 0,00	1.500	8,0	18,7	60,0		57,3			21,3	16,0	2,9	2,1	133,4	RUIM
3	2,000	4,000	100 + 0,00	200 + 0,00	2.000	4,0	29,0	59,0		64,0			15,0	25,0	3,6	3,5	150,2	RUIM
4	4,000	6,000	200 + 0,00	300 + 0,00	2.000	3,0	21,0	70,0		67,0	1,0		22,0	25,0	2,6	3,4	161,6	PÉSSIMO
5	6,000	8,000	300 + 0,00	400 + 0,00	2.000	4,0	12,0	70,0		67,0			22,0	24,0	3,5	5,0	166,5	PÉSSIMO
6	8,000	10,000	400 + 0,00	500 + 0,00	2.000	1,0	13,0	53,0		54,0			15,0	8,0	3,9	2,6	117,5	RUIM
7	10,000	12,000	500 + 0,00	600 + 0,00	2.000	2,0	16,0	50,0		41,0			21,0	17,0	2,3	4,1	114,6	RUIM
8	12,000	14,000	600 + 0,00	700 + 0,00	2.000	1,0	14,0	82,0		82,0			45,0	29,0	5,2	5,9	204,7	PÉSSIMO
9	14,000	16,000	700 + 0,00	800 + 0,00	2.000	1,0	8,0	91,0		85,0			58,0	47,0	8,6	5,4	229,0	PÉSSIMO
10	16,000	18,000	800 + 0,00	900 + 0,00	2.000	6,0	24,0	49,0		44,0			24,0	21,0	3,2	3,5	125,3	RUIM
11	18,000	20,000	900 + 0,00	1.000 + 0,00	2.000	3,0	26,0	62,0	1,0	60,0	3,0		19,0	35,0	3,8	7,6	170,0	PÉSSIMO
12	20,000	22,000	1.000 + 0,00	1.100 + 0,00	2.000	2,0	10,0	87,0	1,0	78,0	2,0		29,0	75,0	5,5	9,2	234,3	PÉSSIMO
13	22,000	24,000	1.100 + 0,00	1.200 + 0,00	2.000	1,0	25,0	63,0	2,0	53,0	3,0		31,0	43,0	5,4	5,5	178,7	PÉSSIMO
14	24,000	26,000	1.200 + 0,00	1.300 + 0,00	2.000	13,0	18,0	52,0	1,0	36,0	2,0		22,0	26,0	3,3	3,7	123,3	RUIM
15	26,000	28,000	1.300 + 0,00	1.400 + 0,00	2.000	20,0	10,0	24,0		18,0			9,0	13,0	2,9	2,0	62,0	REGULAR
16	28,000	30,000	1.400 + 0,00	1.500 + 0,00	2.000	8,0	12,0	57,0		56,0	1,0		28,0	29,0	2,5	2,9	141,4	RUIM
17	30,000	32,000	1.500 + 0,00	1.600 + 0,00	2.000	9,0	28,0	33,0		17,0			5,0	9,0	4,6	4,0	83,5	RUIM
18	32,000	34,000	1.600 + 0,00	1.700 + 0,00	2.000	13,0	8,0	77,0		54,0			14,0	26,0	4,2	5,2	168,5	PÉSSIMO
19	34,000	36,000	1.700 + 0,00	1.800 + 0,00	2.000	39,0	12,0	30,0		17,0			3,0	4,0	1,7	1,7	60,3	REGULAR
20	36,000	38,000	1.800 + 0,00	1.900 + 0,00	2.000	5,0	13,0	77,0		77,0	3,0		16,0	46,0	6,2	4,1	199,7	PÉSSIMO
21	38,000	40,000	1.900 + 0,00	2.000 + 0,00	2.000	2,0	28,7	66,3	2,0	61,4	2,0		27,7	50,5	5,2	6,2	192,4	PÉSSIMO

Figura 47 – Segmentação Homogênea e Estados de Serventia externados pelo pavimento - DNIT PRO -006/2003 (Por Varredura Métrica)

Por fim, com o objetivo de propiciar uma visualização mais contextual, permitindo uma visão integral e o entrelaçamento dos parâmetros de comportamento considerados, os segmentos homogêneos foram dispostos ao longo de um linear sinóptico contemplando os valores do IGG detectados ao longo de cada SH, os valores de IRI , as flechas nas trilhas de roda e o inventário da superfície, considerando a ocorrência de todos os defeitos preconizados pela Norma DNIT PRO 006/2003; complementarmente, foram também definidas as extensões e os percentuais de ocorrência relativos a cada nível de serventia:

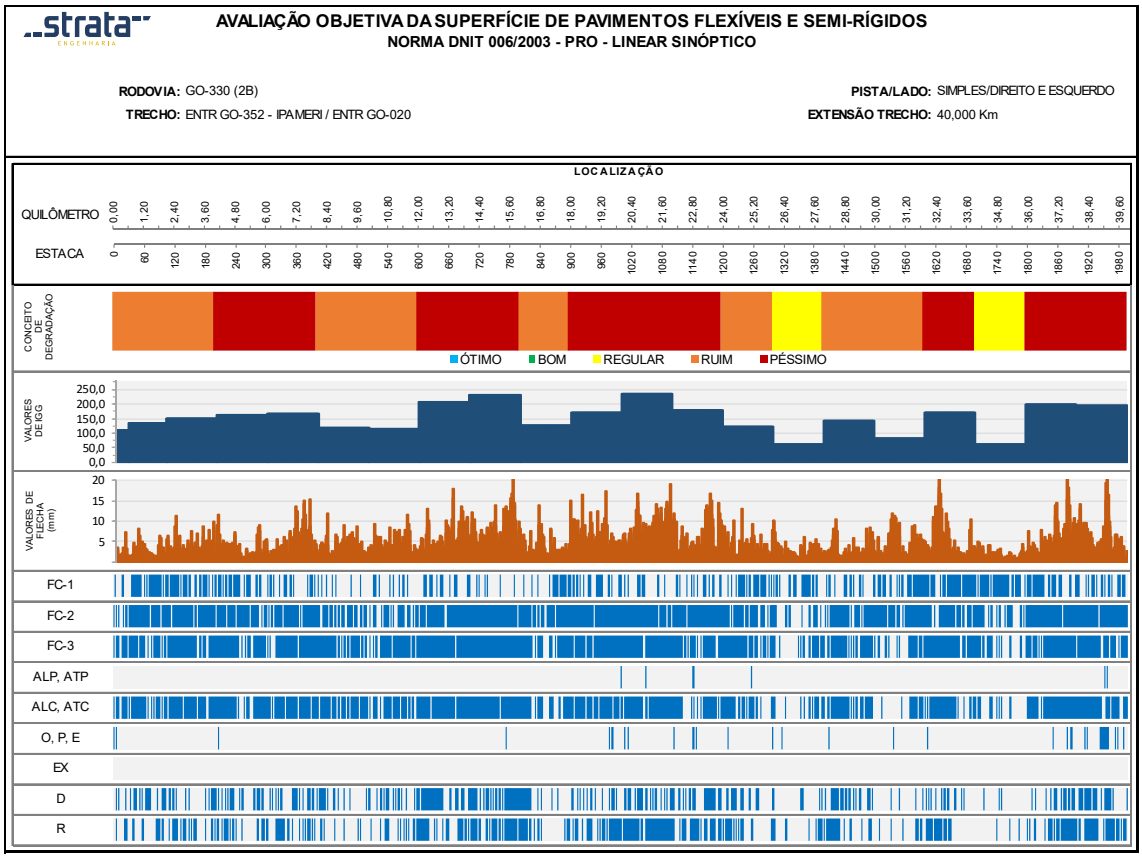


Figura 48 – Avaliação objetiva da superfície do pavimento - Linear Sinóptico
Norma DNIT PRO-006/2003 (Varredura Métrica).

CONCEITO	EXTENSÃO (km)	PERCENTUAL (%)
ÓTIMO	0,000	0%
BOM	0,000	0%
REGULAR	4,000	10%
RUIM	16,000	40%
PÉSSIMO	20,020	50%

Figura 49 – Avaliação objetiva da superfície do pavimento – Percentuais de cada conceito
Norma DNIT PRO-006/2003 (Varredura Métrica).

Entretanto, fundamentando-se em conversas com a equipe técnica da GOINFRA, a Strata Engenharia prosseguiu com a utilização dos valores de IGG por amostragem e em faixas alternadas, tal como preconiza a normativa DNIT PRO-006/2003, visando a aplicação objetiva da normativa em questão.

É essencial ressaltar que os valores de IGG advindos da aplicação direta da normativa DNIT PRO-006/2003 consideram apenas 3m à frente e a ré de cada estaca, o que representa apenas 15% da área da respectiva estação, além de serem determinados por faixas alternadas – o que, novamente, faz com que a representatividade caia em adicionais 50%. Nesse sentido, a consultora reforça que os valores de IGG em questão não são coerentes com aqueles obtidos por varredura métrica e considerando-se ambas as faixas de tráfego, tampouco com os raciocínios até então desenvolvidos, uma vez que o pavimento se encontra demasiadamente degradado.

As tabelas e gráficos de IGG por amostragem são dispostas a seguir:

AVALIAÇÃO OBJETIVA DA SUPERFÍCIE DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMI-RÍGIDOS
NORMA DNIT 006/2003 - PRO - RESUMO DIAGNÓSTICO DO PAVIMENTO

RODOVIA: GO-330 (2B) — **PISTA/LADO:** SIMPLES/DIREITO E ESQUERDO
TRECHO: ENTR GO-352 - IPAMERI / ENTR GO-020 — **EXTENSÃO TRECHO:** 40,000 Km

SEGMENTO						OCORRÊNCIAS EM PORCENTAGEM (%)									MÉDIA TRILHAS DE RODA		IGG	
						(1)	(2)	(3)	(4)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)				
Nº	QUILÔMETRO INICIAL	QUILÔMETRO FINAL	ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	EXTENSÃO (m)	FC-1	FC-2	FC-3	ALP / ATP	ALC / ATC	O, P, E	EX	D	R	TRI	TRE	VALOR	CONCEITO
1	0,000	0,500	0 + 0,00	25 + 0,00	500	4,0	8,0	28,0		16,0			4,0		1,9	2,8	54,2	REGULAR
2	0,500	2,000	25 + 0,00	100 + 0,00	1.500	12,0	25,3	38,7		34,7			12,0	6,7	3,0	2,0	94,2	RUIM
3	2,000	4,000	100 + 0,00	200 + 0,00	2.000	7,0	24,0	37,0		38,0			11,0	12,0	3,7	3,7	104,6	RUIM
4	4,000	6,000	200 + 0,00	300 + 0,00	2.000	12,0	24,0	42,0		42,0			9,0	14,0	2,7	3,4	113,2	RUIM
5	6,000	8,000	300 + 0,00	400 + 0,00	2.000	3,0	12,0	51,0		46,0			12,0	14,0	3,5	5,3	145,0	RUIM
6	8,000	10,000	400 + 0,00	500 + 0,00	2.000	2,0	10,0	30,0		28,0			4,0	4,0	4,0	2,6	73,1	REGULAR
7	10,000	12,000	500 + 0,00	600 + 0,00	2.000	2,0	15,0	29,0		25,0			13,0	8,0	2,3	4,5	85,7	RUIM
8	12,000	14,000	600 + 0,00	700 + 0,00	2.000	1,0	20,0	56,0		60,0			30,0	11,0	5,1	5,8	173,9	PÉSSIMO
9	14,000	16,000	700 + 0,00	800 + 0,00	2.000	1,0	16,0	70,0		69,0			38,0	29,0	8,7	5,5	205,4	PÉSSIMO
10	16,000	18,000	800 + 0,00	900 + 0,00	2.000	7,0	21,0	31,0		26,0			16,0	14,0	3,5	3,4	95,2	RUIM
11	18,000	20,000	900 + 0,00	1.000 + 0,00	2.000	4,0	28,0	39,0	1,0	34,0	1,0		9,0	22,0	3,8	7,5	133,4	RUIM
12	20,000	22,000	1.000 + 0,00	1.100 + 0,00	2.000	2,0	16,0	64,0	1,0	53,0	1,0		14,0	48,0	5,3	8,8	191,8	PÉSSIMO
13	22,000	24,000	1.100 + 0,00	1.200 + 0,00	2.000	4,0	28,0	37,0	1,0	30,0	1,0		14,0	26,0	5,0	5,2	134,3	RUIM
14	24,000	26,000	1.200 + 0,00	1.300 + 0,00	2.000	8,0	12,0	33,0	1,0	23,0	1,0		13,0	17,0	3,4	3,9	87,3	RUIM
15	26,000	28,000	1.300 + 0,00	1.400 + 0,00	2.000	13,0	3,0	13,0		9,0			4,0	6,0	2,8	2,0	36,9	BOM
16	28,000	30,000	1.400 + 0,00	1.500 + 0,00	2.000	3,0	15,0	39,0		40,0	1,0		13,0	18,0	2,4	2,8	106,3	RUIM
17	30,000	32,000	1.500 + 0,00	1.600 + 0,00	2.000	10,0	17,0	20,0		13,0			1,0	3,0	4,5	4,1	67,4	REGULAR
18	32,000	34,000	1.600 + 0,00	1.700 + 0,00	2.000	16,0	9,0	57,0		42,0			2,0	16,0	4,4	5,2	142,0	RUIM
19	34,000	36,000	1.700 + 0,00	1.800 + 0,00	2.000	24,0	9,0	16,0		10,0			2,0	2,0	1,8	1,7	38,2	BOM
20	36,000	38,000	1.800 + 0,00	1.900 + 0,00	2.000	10,0	17,0	55,0		52,0	2,0		8,0	29,0	6,1	4,4	163,2	PÉSSIMO
21	38,000	40,000	1.900 + 0,00	2.000 + 0,00	2.000	6,9	31,7	41,6	1,0	36,6	1,0		17,8	32,7	5,4	6,3	151,5	RUIM

Figura 50 – Segmentação Homogênea e Estados de Serventia externados pelo pavimento - DNIT PRO -006/2003 (Por Amostragem).

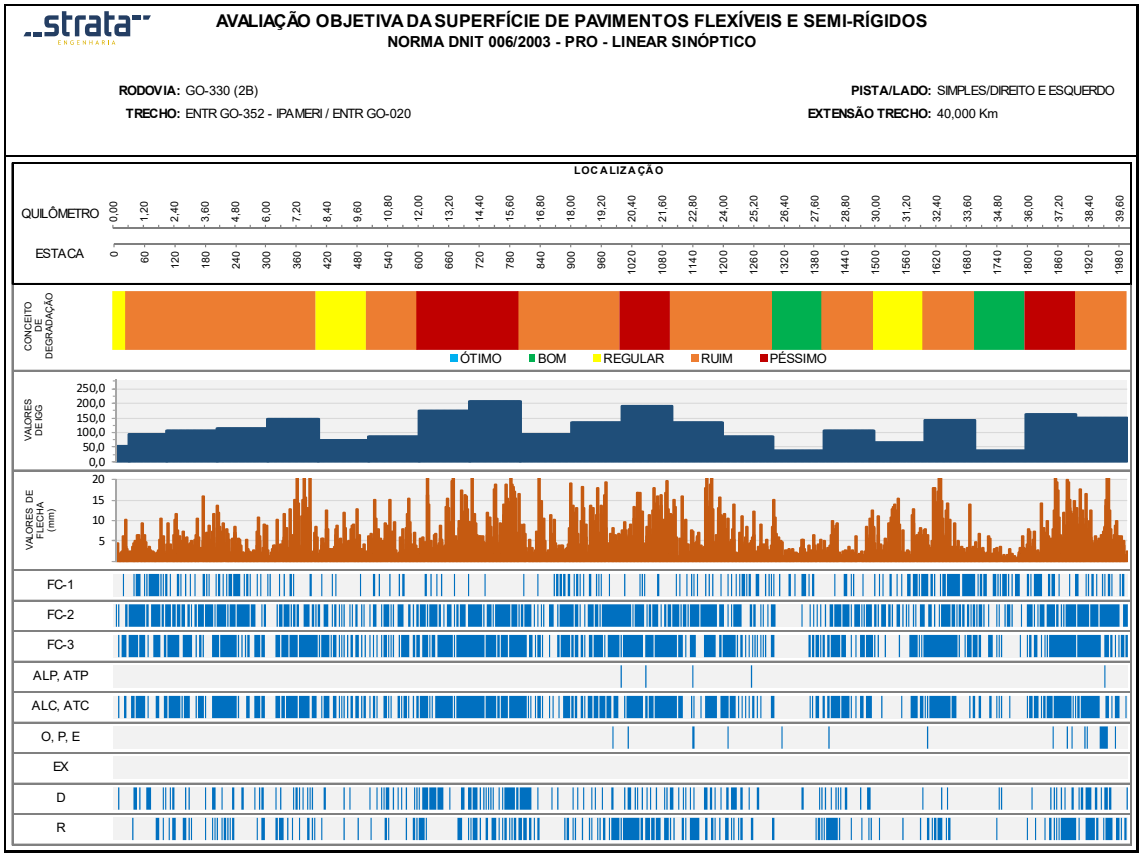


Figura 51 – Avaliação objetiva da superfície do pavimento - Linear Sinóptico Norma DNIT PRO-006/2003 (Por Amostragem).

CONCEITO	EXTENSÃO (km)	PERCENTUAL (%)
ÓTIMO	0,000	0%
BOM	4,000	10%
REGULAR	4,500	11%
RUIM	23,520	59%
PÉSSIMO	8,000	20%

Figura 52 – Avaliação objetiva da superfície do pavimento – Percentuais de cada conceito Norma DNIT PRO-006/2003 (Por Amostragem).

4.2.4.6.Considerações sobre os resultados obtidos pela Norma DNIT 006/2003-PRO

O arcabouço técnico da Norma DNIT PRO - 006/2003 ***encerra-se com a definição dos segmentos de comportamento homogêneo***, etapa última que faculta o cálculo das deflexões características (***Dc = Do + σ)*** que, afetadas de um fator sazonal - F_s, permitem calcular as deflexões de projeto (***Dp = Dc x F_s)*** representativas das condições "estruturais" externadas pelo pavimento ao longo de cada segmento homogêneo. Não obstante, com base nos levantamentos efetuados, julga-se que análises e interpretações mais específicas dos tipos, das gêneses e das incidências (concentrações e/ou ausências) das manifestações de ruína constatadas, somadas às magnitudes dos parâmetros de comportamento obtidos, podem contribuir para a definição de solução restauradora mais adequada.

No caso presente, a análise preliminar do estado de conservação do pavimento existente iniciou-se com uma visita de inspeção técnica ao campo efetuada pela equipe técnica da Strata Engenharia de forma a criar sensibilidade e obter uma melhor compreensão das condições espectrais e de contorno de todos os subsistemas vinculados ao pavimento; a crença stratiana é de que "o espírito mora o campo".

Em uma classificação funcional demonstrada pela norma DNIT 006/2003, combinada com uma análise visual feita em campo pela equipe, foi observado que a rodovia apresenta índices elevados de degradação em grande parte da sua extensão. Os valores de IRI observados, reafirmam que há necessidade de intervenções na via, tendo em vista que os conceitos "regular", "ruim" e "péssimo" representam cerca de 50% do trecho. Algumas frações distribuídas ao longo do trecho apresentaram valores satisfatórios de Irregularidade Longitudinal, essa boa condição é reflexo das recentes intervenções realizadas esporadicamente ao longo da via, mas com destaque nos quilômetros iniciais. Em compasso com a irregularidade longitudinal, há também a ocorrência de variações nos valores de flecha nas trilhas de roda, que assim como na irregularidade longitudinal, demonstraram uma representatividade maior de valores insatisfatórios do índice, embora existam pontos dispersos em que as condições se mostraram melhores.

Quanto aos Índices de Gravidade Global (IGG), tradutores dos graus de severidade externados pelo pavimento no que tange às suas serventias, os valores médios obtidos para o pavimento do trecho em questão confirmam as inadequadas condições do pavimento constatadas in loco pela equipe técnica da consultora, com efeito, verificou-se no IGG por varredura métrica o predomínio absoluto dos conceitos **Regular** (40<IGG<80), em 10% do total do trecho, em uma extensão de 4,00km), **Ruim** (80<IGG<160) em 40% do total do trecho, em uma extensão de 16,0km), complementado pelo conceito **Péssimo** (IGG>160) em cerca de 50% do total do trecho, correspondente a uma extensão de 20,0km). Tais percentuais se assemelham de certa forma aos percentuais de conceitos de IGG por amostragem e faixas alternadas e exemplificam a insegurança a que se sujeita o usuário ao trafegar pela referida via, assertiva afiançada pelo fato de que não houve ocorrência dos conceitos **Bom** e **Ótimo**.

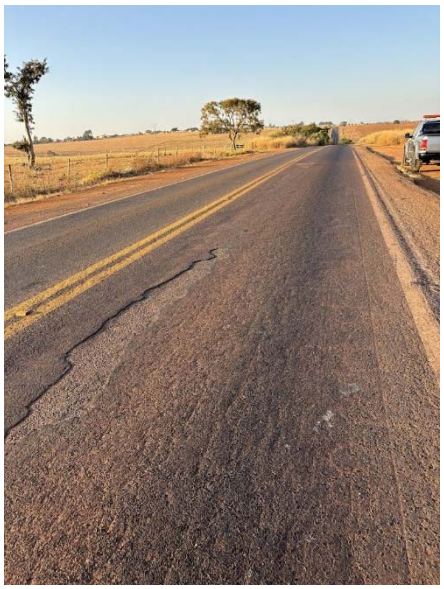
Por fim, é importante fazer uma análise acerca do tráfego atuante no trecho em questão, uma vez que essa é uma variável que contribui para a degradação do pavimento. Como já mencionado anteriormente, por se tratar de uma rota turística, o tráfego é composto majoritariamente por veículos de passeio, o que resulta em um tráfego reduzido. Os números "N" de solicitações de eixos-padrão de 8,2t previstos para atuar o pavimento pós-restauração, para um período de projeto de 10 anos, são – $N_{USACE} = 1{,}44 \times 10^7$ e $N_{AASHTO} = 4{,}14 \times 10^6$.

A partir da conceituação de serventia estabelecida com base na metodologia DNIT PRO-006/2006 buscou-se ilustrar as informações obtidas através de um mosaico fotográfico apresentado a seguir.

QUADRO 1
INSPEÇÃO VISUAL DO TRECHO

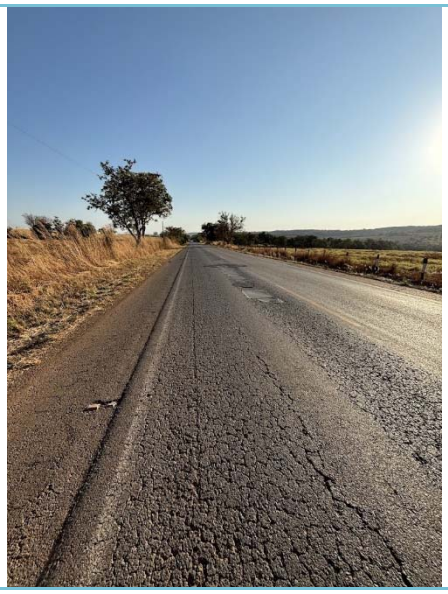










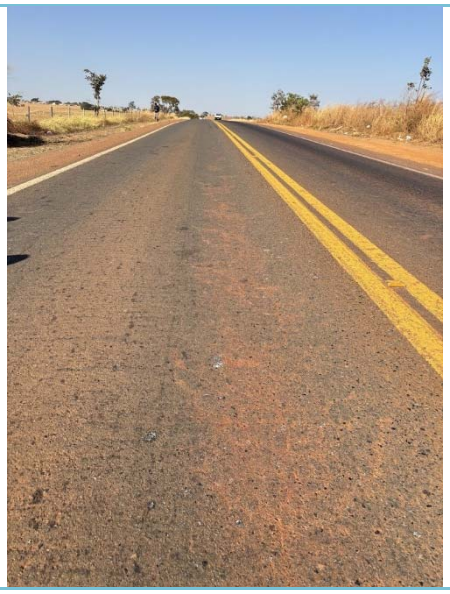





Grazin











4.2.5. METODOLOGIA PARAGON PARA AVALIAÇÃO E DIAGNÓTICOS DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

No âmbito da presente metodologia de avaliação de pavimentos asfálticos, a proposição primeira consiste em se promover uma visita de inspeção técnica ao campo com o objetivo de adquirir uma maior sensibilidade sobre a natureza das principais degradações existentes, o estado de serventia vigente, as hierarquias e predominâncias do sistema envoltório, as características das drenagens superficial e profunda, manifestações de umidade excessiva e composição da frota solicitante.

4.2.5.2.Levantamento Histórico do Pavimento Existente

No desenvolvimento de um Projeto de Restauração considera-se de importância superior a obtenção de todas as informações disponíveis acerca do histórico do pavimento existente, tais como dados e elementos relativos à sua constituição e aos materiais empregados, as intervenções de conservação corretiva/periódica e de reabilitação já realizadas, as respectivas datas de entrega do pavimento para tráfego, etc.

Complementarmente, de forma a se obter informações com maior nível de detalhes, considera-se imprescindível obter entrevistas com os Engenheiros Residentes / Regionais, procedimentos que em conjunto devem propiciar subsídios bastante consistentes e esclarecedores, podendo-se destacar dentre eles:

- Características da constituição do pavimento original;
- Ações de conservação, intervenções de manutenção/restauração já executadas;
- Projetos existentes (antigos) de pavimentação e/ou restauração;
- Datas da entrega dos pavimentos original e restaurado ao tráfego;
- Características do tráfego usuário (cargas típicas, sazonalidade, desvios, polos regionais e rotas de adesão, faixa de tráfego mais solicitada, percentagens de veículos comerciais carregados, etc.);
- Características específicas dos solos de fundação regionais;
- Comportamentos específicos ou peculiaridades dos materiais constituintes do pavimento e dos solos de fundação e eventuais restrições;
- Dificuldades de emprego e de aplicação dos materiais granulares disponíveis;
- Jazidas (materiais granulares, pedreiras e areais) empregadas na construção ou em intervenções corretivas, restaurações ou em estradas vizinhas;
- Insucessos verificados, maciços instáveis, presença de água, etc.;
- Características regionais relevantes sobre hidrologia, geologia, clima, etc.

No presente caso, o levantamento histórico do pavimento é parte integrante do contrato de prestação de serviços e foi desenvolvido na Etapa 1. Foram expostas algumas informações pesquisadas pela consultora, mas várias outras não foram encontradas. A contratante alegou não deter mais informações além daquelas encontradas.

4.2.5.3.Avaliação da Características Funcionais

4.2.5.3.1. Introdução

O princípio basilar da metodologia Paragon alicerça-se na crença de que o diagnóstico de um pavimento não pode se fundamentar na definição de um único parâmetro, determinado a partir do tratamento conjunto e miscigenado de diferentes manifestações de ruína, sem se ter em conta, de forma individualizada, suas naturezas, gravidades, estágios evolutivos, níveis e percentuais de ocorrência. Assim, na busca de uma solução deste questionamento, a alternativa que melhor se apresentou foi a de se contemplar, de forma particularizada, todas as famílias que traduzem os comportamentos se um sistema composto pelo pavimento – solo de fundação, definidos em termos de degradações superficiais e de deformações permanentes e também em termos da deformabilidade imposta ao sistema pelas cargas impingidas pelo tráfego.

Deste modo, acredita-se que a consideração individualizada das características de ***degradação superficial*** (fissuras, panelas, remendos, desgaste, migrações *per ascensum*, escorregamentos de massa, etc.) e de ***deformação permanente*** (irregularidades longitudinal e transversal, afundamentos localizados plásticos e por consolidação, estufamentos, assentamentos diferenciais e/ou rupturas de maciços terrosos, etc.), associadas às características de ***deformabilidade elástica*** (deflexão reversível máxima) experimentada pelos pavimentos rodoviários solicitados exteriormente, poderia traduzir, quando consideradas concomitantemente, um espectro capaz de exprimir, de modo consistente e abrangente, o nível de "sanidade" – ou o diagnóstico – externado por um pavimento rodoviário.

Assim, foram concebidos os procedimentos para se processar preliminarmente os ***diagnósticos parciais*** – por família comportamental – e por fim, o ***diagnóstico global*** – considerando em conjunto todos os índices caracterizadores – procedimento esse que tem por missão precípua permitir a definição dos "**estados de sanidade**" externados pelo pavimento ao longo de toda a sua extensão; a partir dessa caracterização, o "***remédio***" adequado se apresenta naturalmente, permitindo a concepção das medidas corretivas requeridas.

Paralelamente a todo esse trabalho, considerando o tipo e a natureza das distintas manifestações de ruína, associadas às diferentes origens e formas de ocorrência, julgou-se que outras modificações nos critérios usuais de avaliação superficial se faziam de importância superior, principalmente os seguintes:

- considerar, de forma individualizada os *distintos tipos de revestimentos asfálticos* de um pavimento, os quais abrigam manifestações de ruína por vezes completamente distintas;
- promover avaliações dos defeitos por faixas de tráfego individualizadas e em *contínuo*;
- promover análises do pavimento estaca por estaca haja vista que a possibilidade de se poder quantificar as ocorrências de defeitos através de "varredura métrica" – metro a metro – permite a quantificação numérica e percentual dos defeitos em universos de análise correspondentes a 20 m.



Figura 53 - Processo de levantamento das degradações superficiais
(por faixa de tráfego, por tipo de revestimento, em contínuo)



Figura 54 - Processo de levantamento das degradações superficiais por varredura métrica

Seguidamente, com base na verificação de ocorrência de defeitos em cada um dos 20 intervalos métricos, calcula-se a frequência absoluta - f_a de cada um deles (número de semi-intervalos métricos afetados) e em seguida a sua frequência relativa - f_r, considerando o seu percentual de ocorrência (de cada defeito) ao longo do universo de análise (20 m); como a frequência relativa é definida pela relação entre o número de vezes que o defeito foi detectado – ocorrência por intervalo métrico – e o número total de metros que compõe o universo de análise, tem-se:

$$f_r = \frac{número\ de\ semi-intervalos\ de\ 1{,}0\ m\ afetados}{20}\ x\ 100$$

Cada uma das manifestações de ruína consideradas apresenta, consoante as suas natureza e severidade, um determinado ***peso de responsabilidade***, o qual deve ser considerado na caracterização da sanidade do pavimento e, consequentemente, na seleção da medida corretiva requerida. Assim, procurou-se conferir, a cada defeito considerado um ***fator de ponderação***, capaz de exprimir a sua gravidade individual e relativa e, concomitantemente, a importância de seus reflexos na definição da operação corretiva a empreender.

Por outro lado, como forma de resolver as proposições de levantamento em contínuo, dadas as extensões normais dos trechos a serem restaurados, faz-se naturalmente importante a aplicação de equipamentos e tecnologias de ponta. Assim, a avaliação das condições de degradação superficial e de deformação permanente externadas pelo pavimento foi processada através de quatro equipamentos distintos – já apresentados anteriormente –, todos integrados no ***MultiFunction***: os ***Vídeos-Registros Digitais*** de altíssima resolução, os ***Perfilômetros a Laser Longitudinal e Transversal*** para a medição dos graus de irregularidade longitudinal (IRI) e transversal (Flechas nas trilhas de roda) em contínuo externados pelo pavimento e o ***Orthogonal Pavement Recorder***, equipamento que permite a *identificação e localização* das degradações e deformações permanentes extensas e de caráteres localizados e/ou pontuais.

4.2.5.3.2. Avaliação das Características de Degradação Superficial

Para a avaliação das características de degradação superficial promoveu-se, inicialmente, a identificação e agrupamento das mais distintas manifestações de ruína de caráter superficial ocorrentes em um pavimento asfáltico tendo em conta suas naturezas e respectivas gêneses. Seguidamente, com a preocupação maior de se contemplar todo o universo de degradações, foram definidos os ordenamentos, as formas de enquadramento familiar e estabelecidas as respectivas codificações.

IDENTIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO DAS DEGRADAÇÕES SUPERFICIAIS (REVESTIMENTO TIPO: CONCRETO ASFÁLTICO USINADO A QUENTE)						
NATUREZA DA OCORRÊNCIA SUPERFICIAL					CODIFICAÇÃO	
TRINCAMENTO	AUSÊNCIA APARENTE DE FALHAS NA SUPERFÍCIE DO REVESTIMENTO				OK	
	TRINCAS ATRIBUÍDAS À FADIGA DE MISTURAS ASFÁLTICAS OU À REFLEXÃO DE TRINCAS DA CAMADA DE BASE	TRINCAS ISOLADAS	FISSURAS INCIPIENTES		FI	FC-1
			LONGITUDINAL	CURTA	TLC	
				LONGA	TLL	
			TRANSVERSAL	CURTA	TTC	
				LONGA	TTL	
		TRINCAS INTERLIGADAS	"JACARÉ"	SEM EROSÃO ACENTUADA NOS BORDOS	J	FC-2
				COM EROSÃO ACENTUADA NOS BORDOS	JE	FC-3
	TRINCAS DE PADRÃO ORTOGONAL ATRIBUÍDAS A ACOMODAÇÕES VOLUMÉTRICAS OU DISSECAÇÃO DA CAMADA DE BASE (RETRAÇÃO TÉRMICA)		TRINCAS EM BLOCOS	BLOCOS SEM EROSÃO NOS BORDOS	TB	FC-2
				BLOCOS COM EROSÃO NOS BORDOS	TBE	FC-3
	TRINCAS ATRIBUÍDAS AO ESCORREGAMENTO DE MASSA ASFÁLTICA (ESPESSA)		TRINCAS PARABÓLICAS OU ESCONSAS SEQUENCIAIS DE ESCORREGAMENTO NAS TRILHAS DE RODA		TPE	FC-3
	TRINCAS HIGROTÉRMICAS DEVIDAS A VARIAÇÕES DE UMIDADE NO CORPO DO ATERRO E/OU CAMADAS GRANULARES		LONGITUDINAIS E/OU TRANSVERSAIS NOS ACOSTAMENTOS E/OU NOS BORDOS DO PAVIMENTO		TH	FC-2
	TRINCAS ASSOCIADAS AO CISALHAMENTO OU CORTE DA CAMADA DE BASE		TRINCAS OCORRENTES ENTREMEIO ÀS BORDAS DAS TRILHAS DE RODA ASSOCIADAS AO CISALHAMENTO DA CAMADA DE BASE		TCB	FC-3
	TRINCAS ASSOCIADAS A DEFORMAÇÕES PERMANENTES EXCESSIVAS		TRINCAS OCORRENTES DEVIDO A DEFORMAÇÕES PLÁSTICAS EXCESSIVAS DAS CAMADAS DE BASE E/OU DO REVESTIMENTO		TDP	FC-3
	TRINCAS ASSOCIADAS À PERDA DE MATERIAIS POR BOMBEAMENTO DE FINOS		TRINCAS PADRÃO FADIGA QUE EXTERNAM O BOMBEAMENTO DE ÁGUA COM FINOS		TPM	FC-3
	TRINCAS ATRIBUÍDAS À CONSOLIDAÇÃO DIFERENCIAL DE MACIÇOS TERROSOS		TRINCAS SEMICIRCULARES ATRIBUÍDAS À CONSOLIDAÇÃO DIFERENCIAL OU ROMPIMENTO DE MACIÇOS TERROSOS		TRA	FC-3
PANELAS (DESAGREGAÇÃO DO REVESTIMENTO COM OU SEM COMPROMETIMENTO DA BASE)					P	
"PELADAS"					PEL	
REMENDOS	PADRÕES (SUPERFICIAIS OU PROFUNDOS)				RP	
	EMERGENCIAIS ("TAPA-PANELAS")				RE	
DESAGREGAÇÃO OU DESGASTE DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO					DSG	
DEFEITOS EXECUTIVOS	SEGREGAÇÃO DE MASSA ASFÁLTICA				SEG	
	MIGRAÇÕES PER ASCENSUM			AFLORAMENTO INCIPIENTE DE LIGANTE	EXI	
				AFLORAMENTO DO LIGANTE (EXSUDAÇÃO)	EX	
TEXTURA MUITO LISA OU ESPELHAMENTO				PROFUNDIDADE DE TEXTURA INADEQUADA OU POLIMENTO DAS ASPEREZAS	TEX	

Figura 55 – Identificação e Codificação das Degradações Superficiais

A mencionada relatividade do fator de ponderação foi naturalmente instituída ao se selecionar o defeito padrão de referência que simbolizasse o maior grau de comprometimento do

comportamento funcional do pavimento. Para o caso das degradações superficiais, foi eleita, como padrão referencial, a "***panela***", traduzida por desagregações concentradas do revestimento, atingindo por vezes a camada de base; os defeitos considerados e os respectivos pesos de responsabilidade (ou de severidade) atribuídos são indicados a seguir, lembrando que a atribuição dos pesos teve como premissa básica proporcionar uma classificação do pavimento que retratasse fielmente o seu estado de sanidade:

PESOS DE RESPONSABILIDADE DAS DEGRADAÇÕES SUPERFICIAIS
(REVESTIMENTO TIPO: CONCRETO ASFÁLTICO USINADO A QUENTE)

NATUREZA DA OCORRÊNCIA SUPERFICIAL					CODIFICAÇÃO		FATOR DE PONDERAÇÃO
AUSÊNCIA APARENTE DE FALHAS NA SUPERFÍCIE DO REVESTIMENTO					OK		-
TRINCAMENTO	TRINCAS ATRIBUÍDAS À FADIGA DE MISTURAS ASFÁLTICAS OU À REFLEXÃO DE TRINCAS DA CAMADA DE BASE	TRINCAS ISOLADAS	FISSURAS INCIPIENTES		FI	FC-1	0,4
			LONGITUDINAL	CURTA	TLC		
				LONGA	TLL		
			TRANSVERSAL	CURTA	TTC		
				LONGA	TTL		
		TRINCAS INTERLIGADAS	"JACARÉ"	SEM EROSÃO ACENTUADA NOS BORDOS	J	FC-2	0,8
				COM EROSÃO ACENTUADA NOS BORDOS	JE	FC-3	0,9
	TRINCAS DE PADRÃO ORTOGONAL ATRIBUÍDAS A ACOMODAÇÕES VOLUMÉTRICAS OU DISSECAÇÃO DA CAMADA DE BASE (RETRAÇÃO TÉRMICA)		TRINCAS EM BLOCOS	BLOCOS SEM EROSÃO NOS BORDOS	TB	FC-2	0,7
				BLOCOS COM EROSÃO NOS BORDOS	TBE	FC-3	0,9
	TRINCAS ATRIBUÍDAS AO ESCORREGAMENTO DE MASSA ASFÁLTICA (ESPESSA)		TRINCAS PARABÓLICAS OU ESCONSAS SEQUENCIAIS DE ESCORREGAMENTO NAS TRILHAS DE RODA		TPE	FC-3	0,7
	TRINCAS HIGROTÉRMICAS DEVIDAS À VARIAÇÕES DE UMIDADE NO CORPO DO ATERRO E/OU CAMADAS GRANULARES		LONGITUDINAIS E/OU TRANSVERSAIS NOS ACOSTAMENTOS E/OU NOS BORDOS DO PAVIMENTO		TH	FC-2	0,7
	TRINCAS ASSOCIADAS AO CISALHAMENTO OU CORTE DA CAMADA DE BASE		TRINCAS OCORRENTES ENTREMEIO ÀS BORDAS DAS TRILHAS DE RODA ASSOCIADAS AO CISALHAMENTO DA CAMADA DE BASE		TCB	FC-3	*
	TRINCAS ASSOCIADAS A DEFORMAÇÕES PERMANENTES EXCESSIVAS		TRINCAS OCORRENTES DEVIDO A DEFORMAÇÕES PLÁSTICAS EXCESSIVAS DAS CAMADAS DE BASE E/OU DO REVESTIMENTO		TDP	FC-3	*
	TRINCAS ASSOCIADAS À PERDA DE MATERIAIS POR BOMBEAMENTO DE FINOS		TRINCAS PADRÃO FADIGA QUE EXTERNAM O BOMBEAMENTO DE ÁGUA COM FINOS		TPM	FC-3	*
	TRINCAS ATRIBUÍDAS À CONSOLIDAÇÃO DIFERENCIAL DE MACIÇOS TERROSOS		TRINCAS SEMICIRCULARES ATRIBUÍDAS À CONSOLIDAÇÃO DIFERENCIAL OU AO ROMPIMENTO DE MACIÇOS TERROSOS		TRA	FC-3	*
PANELAS (DESAGREGAÇÃO DO REVESTIMENTO COM OU SEM COMPROMETIMENTO DA BASE)					P		1,0
"PELADAS"					PEL		0,2
REMENDOS		PADRÕES (SUPERFICIAIS OU PROFUNDOS)			RP		0,4
		EMERGENCIAIS ("TAPA-PANELAS")			RE		0,5
DESAGREGAÇÃO OU DESGASTE DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO					DSG		0,1
DEFEITOS EXECUTIVOS**		SEGREGAÇÃO DE MASSA ASFÁLTICA			SEG		0,5
		MIGRAÇÕES *PER ASCENSUM*		INDÍCIOS DE AFLORAMENTO DO LIGANTE (INCIPIENTE)	EXI		0,3
				AFLORAMENTO DO LIGANTE (EXSUDAÇÃO)	EX		0,5
TEXTURA MUITO LISA OU ESPELHAMENTO				PROFUNDIDADE DE TEXTURA INADEQUADA OU POLIMENTO DAS ASPEREZAS	TEX		***

* As trincas ocorrentes em locais onde se verificam o cisalhamento/corte da camada de base ou deformações plásticas excessivas e que evidenciam perdas intensas de material por bombeamento (moagem dos agregados pétreos da camada asfáltica ou de saturação superficial da camada de base) devem ser devidamente registradas, mas não devem ser consideradas no âmbito da ponderação para determinação dos estados de sanidade, haja vista que suas existências já determinam, por si, a reconstrução parcial do pavimento; as trincas atribuídas ao mau comportamento de maciços terrosos, traduzidos por consolidações diferenciais ou rupturas, embora existentes e graves, não dizem respeito ao comportamento dos pavimentos; de igual forma, devem ser levantadas mas não serão pontuadas, pois suas existências já denotam gravidades que requerem naturalmente reconstruções do maciço terroso e do pavimento;

** Os defeitos executivos – exsudação e segregação de massa – são antagônicos, pois a ocorrência de um elimina a possibilidade de existência do outro, por isso integram o mesmo grupo;

*** Defeitos superficiais ainda não respeitados no Brasil, de importância significativa, a serem considerados futuramente.

Figura 56 - Pesos de responsabilidade das degradações superficiais

Portanto, uma vez definida a frequência relativa de ocorrência dos defeitos manifestados ao longo do intervalo entre duas estacas, consideradas as ocorrências em semi-intervalos de 1,0 m, e

dispondo-se dos respectivos pesos de responsabilidade, pôde-se calcular um índice ponderado individual, tradutor da severidade de cada defeito, por estaca. Este ***Índice de Severidade Individual - ISI_{DS}*** foi, portanto, calculado através da expressão:

$$ISI_{DS} = \textbf{frequência relativa x fator de ponderação}$$

Finalmente, dispondo-se do ISI_{DS} correspondente a cada defeito ocorrente por estaca, pôde-se definir o ***Índice de Severidade Global - ISG_{DS}***, por estaca, correspondente à soma de todos os índices individuais verificados a cada intervalo de 20,0m; o valor do ISG_{DS} foi então obtido através da expressão:

$$ISG_{DS} = \Sigma\, ISI_{DS}$$

À consideração deste condicionamento e em face à concepção das escalas de severidade adotadas, constata-se que, qualquer que seja o estado de degradação superficial, o correspondente índice de severidade global - ISG_{DS} será representado por um número necessariamente compreendido entre ***0 e 320 (CBUQ)***; este parâmetro definidor do *estado de degradação superficial do pavimento* traduze, em razão direta, o seu grau de deterioração e, por conseguinte, a magnitude de sua carência corretiva.

Definido, portanto, o intervalo máximo de variação do ISG_{DS}, verificou-se a existência de formulação matemática capaz de traduzir a lei de variação dos valores individuais; o objetivo maior dessa busca analítica foi o de se definir grupos de estados de sanidade que, pelas suas similaridades, demandassem soluções corretivas análogas e/ou equivalentes. Fundamentou essa tese a certeza de que pequenas oscilações nos valores do ISG_{DS} não traduziriam diferenças significativas nas condições de sanidade superficial do pavimento suficientes para demandar soluções corretivas distintas.
Destarte, verificou-se que os intervalos globais de área afetada abrigavam, de maneira notável e surpreendente, uma distribuição exata dos níveis de sanidade regida por uma ***lei logarítmica de base 2***, ou seja, por uma ***progressão geométrica de razão igual 2***, assim traduzida:

DISTRIBUIÇÃO DE NÍVEIS REGIDOS POR LEI LOGARÍTMICA DE BASE 2	
INTERVALOS (CBUQ)	
0	20
20	40
40	80
80	160
160	320

Figura 57 - Distribuição de níveis regidos por uma Lei Logarítmica

Acreditando nessa justaposição matemática, procurou-se seguidamente definir ***níveis conceituais*** que pudessem exprimir, com a distinção necessária, os diferentes estados que um pavimento pode externar quando avaliado sobre o prisma das degradações superficiais. A seleção final, alicerçada por outros procedimentos de análise, conduziu à consideração de cinco estágios conceituais considerados bastantes e suficientes para definir, de maneira discreta, os estados de sanidade dos pavimentos:

CONCEITUAÇÃO DOS ESTADOS DE SANIDADE
Excelente
Bom
Regular
Mau
Péssimo

Figura 58 - Conceituação dos Estados de Sanidade

Assim definido, promoveu-se o cotejamento entre os níveis conceituais agora considerados com os intervalos do ISG_{DS} anteriormente definidos, não só no que diz respeito ao número de conceitos-intervalos definidos, como também no que tange às suas compatibilizações. Para o efeito, julgou-se que a avaliação conjugada do parâmetro considerado poderia ser também ajuizada a partir do confronto entre a magnitude de cada intervalo de variação do ISG_{DS} - áreas comprometidas e seus percentuais relativamente à área total - e a qualificação conceitual a lhe ser atribuída.

A análise dos resultados evidenciou uma correlação soberana entre os níveis de sanidade externados, os intervalos de variação do ISG_{DS} e os percentuais de área degradada. A constatação efetuada evidenciou uma *regra matemática* (não cabalística) disciplinadora da relação entre os percentuais de área degradada de um pavimento e os estados de degradação superficial externados pelos pavimentos rodoviários; essa dedução matemática que permitiu definir a porcentagem de área comprometida para cada um dos estados de sanidade considerados, é sintetizada na figura apresentada a seguir:

Correlação entre os Valores do ISG_{DS}, os Estados de Degradação Superficial e as Percentagens de Área Comprometida (Revestimento-Tipo: Concreto Betuminoso Usinado à Quente - CBUQ)						
Estados de Degradação Superficial	Intervalos de Variação do ISG_{DS}			Área do Pavimento Afetada (%)		
Excelente	0	-	20	0	-	6,25
Bom	20	-	40	6,25	-	12,5
Regular	40	-	80	12,5	-	25,0
Mau	80	-	160	25,0	-	50,0
Péssimo	160	-	320	50,0	-	100,0

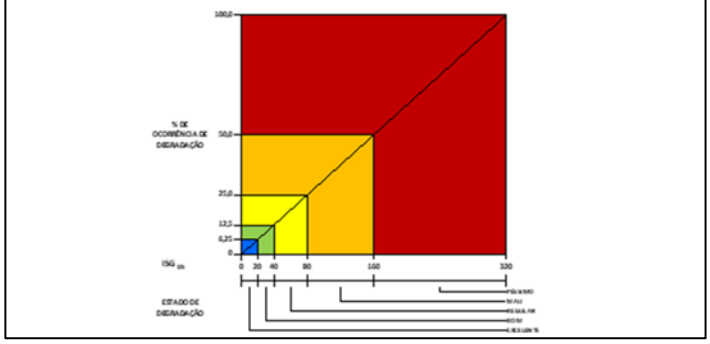


Figura 59 - Representação Gráfica da Correlação ISG_{DS} x Estados de Degradação (CBUQ)

A título ilustrativo e de forma a espelhar uma melhor "realidade virtual" procurou-se representar, em conformação completamente estocástica, as áreas comprometidas através de pequenos blocos métricos de 1,0 m^2, distribuídos no plano superficial correspondente à área global - extensão de 20,0m e largura de 3,5m - de formas individualizada ou em composição; os blocos individuais representando as "panelas" e as composições (conjuntos de 2 e 3 "blocos") representando remendos, fissuras, etc. Os resultados obtidos, ilustrados na representação gráfica apresentada a

seguir, externam a enorme sensibilidade dos valores logarítmicos e validam, de forma magistral, os limites de comprometimento definidos por cada estado de sanidade:

REPRESENTAÇÃO GRÁFICA	% DE ÁREA COMPROMETIDA	ISG_{DP}	
		CBUQ	TSD
	100,00%	320	320
	50,00%	160	160
	25,00%	80	80
	12,50%	40	40
	6,25%	20	20
	0,00%	0	0

Figura 60 - Representação Gráfica dos percentuais de área comprometida

Estabelecida a identidade deste conjunto de caracteres, julgou-se importante promover a discretização dos valores do ISG_{DS} compreendidos entre 0 e 320, haja vista a magnitude de suas variações, difícil memorização. Considerando, pois, a escala conceitual variando de 0 a 5, bastaria que o novo parâmetro fosse representado por uma função de transferência do tipo:

CORRELAÇÃO ISG_{DS} x Z_{DS}	
Z_{DS}	ISG_{DS}
0	0
1	20
2	40
3	80
4	160
5	320

Figura 61 - Correlação ISG_{DS} x Z_{DS}

a qual poderia ser regida por dois segmentos complementares: compreendidos entre 0 e 20, regidos por uma relação linear e entre 20 e 320, regidos por uma relação logarítmica de base 2, os resultados obtidos ($r^2 = 1$) assim expressaram:

- para $0 \leq ISG_{DS} \leq 20$:

$$Z_{DS} = \frac{ISG_{DS}}{20}$$

- para $ISG_{DS} > 20$:

$$Z_{DS} = log_2 \frac{2\ x\ ISG_{DS}}{20}$$

Finalmente, julgou-se oportuno e conveniente remeter todos os índices concebidos pela metodologia Paragon à uma escala similar às escalas usuais – AASTHO, DNIT, etc. – inversa à presentemente estabelecida, considerando as melhores qualificações consoante uma escala crescente. Para o efeito, bastou considerar um artifício matemático representado pela diferença: 5,0 - Z_{DS} que passou a definir um novo indicador comportamental, o **Índice da Condição de Degradação Superficial – ICDS**, que expresso numa lei logarítmica decimal, é definido por:

- para $0 \leq ISG_{DS} \leq 20$:

$$ICDS = 5 - 0,05\ x\ ISG_{DS}$$

- para $ISG_{DS} > 20$:

$$ICDS = 9,3219 - 3,32193\ x\ log\ ISG_{DS}$$

4.2.5.3.3. Avaliação das Características de Deformação Permanente

De uma forma geral, verifica-se uma tendência de se tratar parâmetros tradutores de deformações permanentes miscigenados com parâmetros tradutores de degradações superficiais; no Brasil, por exemplo, o cálculo do ***IGG – Índice de Gravidade Global*** é processado contemplando a miscigenação das características de degradação superficial com a irregularidade transversal (flechas nas trilhas de roda) sem consideração da irregularidade longitudinal (IRI).

Pelas metodologias usuais, no processo de avaliação da *irregularidade longitudinal*, busca-se ajuizar o nível de deformações permanentes verificadas através da medição do parâmetro ***International Roughness Index – IRI***, o qual é considerado como qualificado para traduzir, de forma plena, toda sorte de malformações geométricas que comprometem a integridade superficial do pavimento (ondulação, corrugação, empolamento/calotas dendríticas, estufamento, desintegração, desagregação, etc.). Na avaliação da *irregularidade transversal* procura-se definir a magnitude das deformações permanentes através da medição pura e simples das ***flechas em ambas as trilhas de roda ($F_{máx}$)***, as quais são consideradas a partir da média calculada; no cálculo do IGG, tem-se em conta concomitantemente, para além do valor médio, a variância da população.

No âmbito da metodologia Paragon procurou se identificar de forma mais precisa e específica o universo das deformações permanentes avaliáveis a partir das medições das irregularidades longitudinal (IRI) e transversal (flechas nas trilhas de roda) e também as demais, de caracteres localizados e não detectáveis pelos dois processos de medição retrocitados. Para o efeito, definiu-se o universo das deformações permanentes consideradas segundo suas gêneses (origem e desenvolvimento) e promoveu-se seus respectivos agrupamentos e ordenamentos; o resultado, considerando um revestimento-tipo ***Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ)***, após conveniente sintetização, é ilustrado na figura apresentada a seguir:

IDENTIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO DAS DEFORMAÇÕES PERMANENTES (REVESTIMENTO TIPO: CONCRETO ASFÁLTICO USINADO A QUENTE)					
NATUREZA DA DEFORMAÇÃO PERMANENTE					CODIFICAÇÃO
DEFORMAÇÕES PERMANENTES	NAS TRILHAS DE RODA	IRREGULARIDADE LONGITUDINAL	IRI MÁXIMO VERIFICADO EM AMBAS AS TRILHAS DE RODA (ONDULAÇÃO, CORRUGAÇÃO, DESINTEGRAÇÃO, REFLUIMENTOS LONGITUDINAIS)		IRI
		IRREGULARIDADE TRANSVERSAL	FLECHA MÁXIMA POR CONSOLIDAÇÃO (TRILHAS EXTERNA OU INTERNA)		FMÁX.
			DEFORMAÇÕES ASSOCIADAS AO CISALHAMENTO DA CAMADA DE BASE		DCB
			DEFORMAÇÕES VISCOSAS DE CAMADAS ASFÁLTICAS OU PLÁSTICAS DE CAMADAS GRANULARES E/OU SOLO DE FUNDAÇÃO		DVP
			DEFORMAÇÕES DECORRENTES DAS PERDAS DE MATERIAIS POR BOMBEAMENTO DE ÁGUA COM FINOS (REVESTIMENTO OU BASE)		DPM
			DEFORMAÇÕES ATRIBUÍDAS À CONSOLIDAÇÃO DIFERENCIAL OU AO ROMPIMENTO DE MACIÇOS TERROSOS		DRA
	NOS BORDOS E LOCALIZADAS	NOS BORDOS DO PAVIMENTO	REFLUIMENTO LATERAL (VISCOSO DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO OU PLÁSTICO DA CAMADA DE BASE)	COM SOLEVAMENTO LATERAL (DISTORÇÃO PLÁSTICA)	RPL
			ESCORREGAMENTO DE MASSA FINA	COM SOLEVAMENTO LATERAL (DISTORÇÃO PLÁSTICA)	EMF
			AFUNDAMENTO	RUPTURAS LOCALIZADAS NOS BORDOS EXTERNANDO PEQUENOS RECALQUES DIFERENCIAIS	ABP
		LOCALIZADAS	AFUNDAMENTO LOCALIZADO POR CONSOLIDAÇÃO	SEM SOLEVAMENTO LATERAL	ACL
			EMPOLAMENTO/CALOTAS DENDRÍTICAS	COM SOLEVAMENTO	EMP

Figura 62 - Identificação e codificação das deformações permanentes

Na sequência, também de forma similar ao procedimento definido na avaliação das degradações superficiais, considerou-se que as patologias que caracterizam a família das deformações permanentes também apresentam diferentes pesos de responsabilidade em relação à carência estrutural ou à definição da natureza da medida corretiva que eventualmente se imponha. Desta forma, procurou-se conferir, a cada manifestação considerada, um **fator de ponderação**, capaz de exprimir a sua gravidade individual e relativa. Foram considerados *padrões de referência*, por suas importâncias, os seguintes defeitos:

- ✓ a irregularidade longitudinal (IRI);
- ✓ a irregularidade transversal, traduzida apenas pelas flechas máximas *por consolidação* ($F_{máx.}$) verificadas nas trilhas de roda (externa e interna).

tendo lhes atribuído pesos de responsabilidade ou fatores de ponderação variáveis, definidos consoante a sua respectiva magnitude e limitados ao intervalo compreendido entre 0 e 1.

No que tange ao Índice de Rugosidade Internacional (IRI), considerou-se que a magnitude de seus valores – faixa de variação – com interferência significativa no estabelecimento da severidade das condições de deformação permanente poderia ser definida para determinados intervalos, definidos consoante os distintos tipos de revestimento:

- ***Concreto Asfáltico Usinado a Quente (CA):***

Intervalo de severidade compreendido entre 0,5≤ $IRI_{máx.}$ > 4,5.

IRI VALORES DEFINIDORES DAS CONDIÇÕES DE IRREGULARIDADE (m/km)					
TIPO DE REVESTIMENTO	EXCELENTE	BOM	REGULAR	MAU	PÉSSIMO
Concreto Asfáltico	0,5 < IRI ≤ 1,5	1,5 < IRI ≤ 2,5	2,5 < IRI ≤ 3,5	3,5 < IRI ≤ 4,5	IRI > 4,5

Figura 63 – Conceituação dos Valores IRI

Para valores iguais ou inferiores aos limites mínimos (IRI ≤ 0,5), consideraram-se níveis de responsabilidade nulos, tradutores de pavimentos com desempenhos excepcionais; para valores superiores aos limites máximos relativos a ambos os tipos de revestimento (CA = 4,5), consideraram-se níveis de responsabilidade plenos (fator de ponderação FP_{IRI} = 1,0), tradutores de um pavimento bastante irregular em termos longitudinais.

Seguidamente, levando em conta a obrigatoriedade de se contemplar conjuntamente os valores de IRI extremos – pontos de saturação (4,5 para os CA) – e definidores dos intervalos intermediários (IRI iguais a 1,5 - 2,5 e 3,5 para os CA), aos quais se somaram os valores mínimos considerados, verificou-se que a vinculação matemática IRI versus FP poderia ser regida, de forma notável, por lei logarítmica de base 2, capazes de integrar, de maneira notável, os Fatores de Ponderação específicos:

- ➢ Para revestimentos tipo Concreto Asfáltico:

$$IRI_{CA} = 4.5 + 1.095\ log_2(FP) \qquad (R^2 = 0,997)$$

ou, expressa em lei logarítmica na base 10:

$$IRI_{CA} = 4,509 + 3,639\ x\ log10\ (FP)$$

$$IRI_{CA} = 4,5 + 3,639\ x\ log_{10}(FP)$$

ou

$$FP = 10^{(0,2748\ x\ IRI_{CA}\ -\ 1,236)}$$

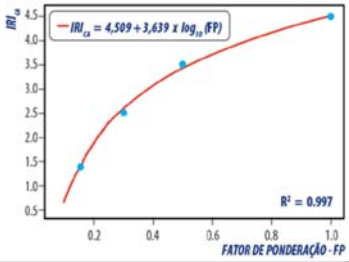


Figura 64 – Relacionamento Matemático entre os Valores de IRI (Concreto Asfáltico) e Respectivos Fatores de Ponderação

$$FP_{IRI} = f\ (IRI_{máx.}) = \begin{cases} 0 & se\ IRI_{máx.} \leq 0,5 \\ 10^{(0,2748\ x\ IRI_{CA}\ -\ 1,237)} & se\ 0,5 < IRI_{máx.} \leq 4,5 \\ 1,0 & se\ IRI_{máx.} > 4,5 \end{cases}$$

Figura 65 - Fator de Ponderação IRI

Quanto às flechas nas trilhas de roda, parâmetro tradutor da conformação transversal do pavimento, adotou-se um procedimento análogo para estabelecer a variação de sua severidade ou do seu nível de interferência na definição do estado funcional do pavimento. Para o efeito, considerou-se que a magnitude de seus valores (faixa de variação) com interferência crescente em termos de responsabilidade estaria concentrada no intervalo compreendido entre $0 \leq F_{máx.} \leq 20mm$, admitindo que flechas permanentes de quaisquer magnitudes já traduziriam efeitos de consolidação; para valores superiores a 20mm, já estaria sacramentado o comprometimento total da estrutura.

$F_{máx.}$ VALORES DEFINIDORES DAS CONDIÇÕES DE IRREGULARIDADE TRANSVERSAL (mm)					
TIPO DE REVESTIMENTO	EXCELENTE	BOM	REGULAR	MAU	PÉSSIMO
Concreto Asfáltico e Tratamento Superficial	$0 < F_{máx.} \leq 5$	$5 < F_{máx.} \leq 10$	$10 < F_{máx.} \leq 15$	$15 < F_{máx.} \leq 20$	$F_{máx.} > 20$

Figura 66 – Conceituação dos Valores das $F_{máx.}$

Definido o valor extremo do intervalo de variação da $F_{máx}$, procurou-se, também agora, estabelecer um relacionamento matemático que vinculasse esse parâmetro aos fatores de ponderação (FP), com obrigatoriedade de contemplar simultaneamente os valores intermediários correspondentes às fronteiras relativas aos estados "Bom", "Regular" e "Mau".

Assim, considerando para $F_{máx.} > 2cm$, FP = 1 e tendo em conta a obrigatoriedade de contemplar os valores de $F_{máx.}$ definidores dos intervalos intermediários ($F_{máx.}$ iguais a 1 e 1,5cm), aos quais se somou o valor correspondente ao ponto de saturação (2 cm), verificou-se que a vinculação matemática com os FP poderia ser regida, de forma notável, por uma lei logarítmica de base 2, a qual faculta a integração praticamente perfeita dos Fatores de Ponderação específicos:

- ***Para revestimentos tipos Concreto Asfáltico***:

$$F_{máx.} = 2,0 + 0,268\ x\ log_2(FP)$$

$$\mathbf{R^2 = 0,993}$$

ou, expressa em lei logarítmica na base 10:

$$F_{MÁX.} = 2{,}0 + 0{,}891 \; x \; log_{10}(FP)$$

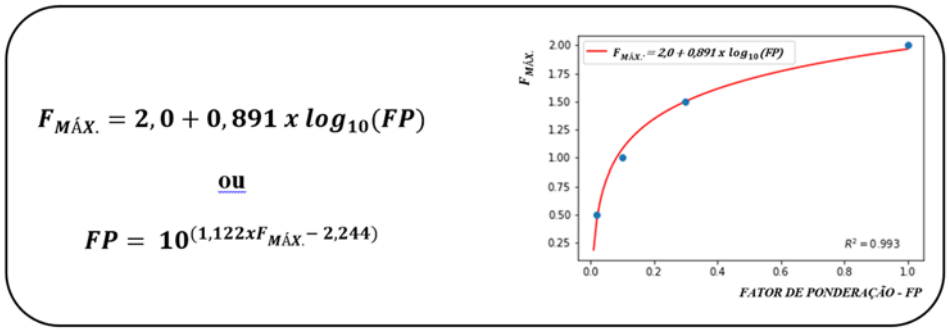


Figura 67 – Relacionamento Matemático entre os Valores de $F_{MÁX.}$ (CA) e Respectivos Fatores de Ponderação

$$FP_{MÁX.} = f\,(FP_{máx.}) = \begin{cases} 10^{(1{,}122 x F_{MÁX.} - 2{,}244)} & se \quad F_{máx.} \leq 20 \\ * & \\ 1{,}0 & se \quad F_{máx.} > 20 \end{cases}$$

Figura 68 - Fator de Ponderação Flecha

Os defeitos considerados - alguns agrupados em famílias - e os respectivos pesos de responsabilidade atribuídos, inclusive a faixa de variação admitida para os parâmetros de comportamento tradutores das irregularidades longitudinal e transversal, são apresentados na figura apresentada a seguir:

IDENTIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO DAS DEFORMAÇÕES PERMANENTES (REVESTIMENTO-TIPO: CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE)					
NATUREZA DA DEFORMAÇÃO PERMANENTE				CODIFICAÇÃO	FATOR DE PONDERAÇÃO
IRREGULARIDADE LONGITUDINAL		IRI MAXIMO VERIFICADO EM AMBAS AS TRILHAS DE RODA (ONDULAÇÃO, CORRUGAÇÃO, DESINTEGRAÇÃO, EMPOLAMENTO (CALOTAS COM TRINCAS DENDRITICAS, REFLUIMENTOS LONGITUDINAIS)		IRI	0,0 – 1,0
IRREGULARIDADE TRANSVERSAL		FLECHA MAXIMA POR CONSOLIDAÇÃO (TRILHAS EXTERNA OU INTERNA)		Fmáx.	0,0 – 1,0
DEFORMAÇÕES PERMANENTES	NAS TRILHAS DE RODAS	RUPTURA DE CAMADA DE BASE POR CISALHAMENTO / CORTE	SEM SOLEVAMENTO LATERAL	RUP	1,0
		REFLUIMENTO PLÁSTICO	COM SOLEVAMENTO LATERAL (DISTORÇÃO PLÁSTICA)	RPT	
		PERDA DE MATERIAL POR BOMBEAMENTO DE ÁGUA COM FINOS	SEM SOLEVAMENTO LATERAL	BAF	
	NOS BORDOS DO PAVIMENTO	REFLUIMENTO PLÁSTICO DO REVESTIMENTO OU BASE	COM SOLEVAMENTO LATERAL (DISTORÇÃO PLÁSTICA)	RPL	0,7
		ESCORREGAMENTO DE MASSA FINA	COM SOLEVAMENTO LATERAL (DISTORÇÃO PLÁSTICA)	EML	0.6
	NOS BORDOS DA PISTA (PLATAFORMA)	AFUNDAMENTO	ASSENTAMENTOS CONTINUADOS POR FALTA DE CONTENÇÃO LATERAL (ACOSTAMENTOS) OU RUPTURAS DE BORDO COM RECALQUES	ABP	0,9
	AFUNDAMENTO LOCALIZADO POR CONSOLIDAÇÃO		SEM SOLEVAMENTO LATERAL	ACL	0,4
	ABATIMENTO DE MACIÇOS TERROSOS		CONSOLIDAÇÃO DIFERENCIAL	AC	***
			RUPTURA POR CISALHAMENTO	AR	
			ESCORREGAMENTO	EST	

Figura 69 - Identificação e Codificação das Deformações Permanentes

Portanto, uma vez definidas as frequências absolutas (f_a) e relativa (f_r) de ocorrência de cada defeito através do processo de **varredura métrica** no intervalo - padrão de 20,0m, e estabelecidos os respectivos pesos de responsabilidade - FP_{DP}, calcula-se um índice individual ponderado, tradutor da severidade de cada tipo de deformação permanente, estaca por estaca. Este **Índice de Severidade Individual - ISI_{DP}** é definido através da expressão:

$$ISI_{DP} = f_r \, x \, FP_{DP}$$

Desta forma, dispondo-se do ISI_{DP} correspondente a cada defeito ocorrente por estaca, calcula-se em seguida o **Índice de Severidade Global - ISG_{DP}**, por estaca, correspondente à soma de todos os índices individuais verificados; o valor final é obtido através da expressão:

$$ISG_{DP} = \Sigma \, ISI_{DP}$$

Com base em todas estas considerações, constata-se finalmente que, qualquer que seja o nível de deformação permanente do pavimento, o seu índice de severidade global - ISG_{DP}, será representado por um número necessariamente compreendido igualmente entre ***0 e 320 (CBUQ)***; este parâmetro definidor do *estado de deformação permanente do pavimento* traduz, em razão direta, o grau de degradação do pavimento, ou seja, a sua carência de medidas corretivas em termos de deformação permanente.

Definido, portanto, o intervalo máximo de variação do ISG_{DP}, verificou-se a existência de formulação matemática capaz de traduzir a lei de variação dos valores individuais; o objetivo maior dessa busca analítica foi o de se definir grupos de estados de sanidade que, pelas suas similaridades, demandassem soluções corretivas análogas e/ou equivalentes. Fundamentou essa tese a certeza de que pequenas oscilações nos valores do ISG_{DS} não traduziriam diferenças significativas nas condições de sanidade superficial do pavimento suficientes para demandar soluções corretivas distintas.

Destarte, verificou-se que os intervalos globais de área afetada abrigavam, de maneira notável, uma distribuição exata dos níveis de sanidade regida por uma ***lei logarítmica de base 2***, ou seja, por uma ***progressão geométrica de razão igual 2***, assim traduzida:

DISTRIBUIÇÃO DE NÍVEIS REGIDOS POR LEI LOGARÍTMICA DE BASE 2	
INTERVALOS (CBUQ)	
0	20
20	40
40	80
80	160
160	320

Figura 70 - Distribuição de Níveis Regidos por Lei Logarítmica da Base 2

Seguidamente, procurou-se definir ***níveis conceituais*** que pudessem exprimir, com a distinção necessária, os diferentes estados que um pavimento pode externar quando avaliado sobre o prisma das deformações permanentes. A seleção final, alicerçada por classificações definidas por outros procedimentos de análise, conduziu à consideração de cinco estágios conceituais, bastantes e suficientes para definir, de maneira discreta, os estados de sanidade dos pavimentos:

CONCEITUAÇÃO DOS ESTADOS DE SANIDADE
Excelente
Bom
Regular
Mau
Péssimo

Figura 71 - Conceituação dos Estados de Sanidade

Finalmente, julgou-se ainda válido promover a avaliação conjugada dos parâmetros considerados, ajuizada a partir do confronto entre a magnitude de cada intervalo de variação do ISG_{DP} - áreas comprometidas e seus percentuais relativamente à área total - e a qualificação conceitual a lhe ser atribuída.

Assim considerando, promoveu-se primeiramente uma análise conjugada dos parâmetros considerados - valores do ISG_{DP} e percentagens de áreas comprometidas - atribuindo a cada intervalo o nível de sanidade que se considerou mais representativo para as distintas condições externadas pelo pavimento analisado; os intervalos de variação considerados foram aqueles disciplinados também por uma ***lei logarítmica de base 2*** e os percentuais de área comprometida foram calculados em relação à área total.

Correlação entre os Valores do ISG_{DP}, os Estados de Deformação Permanente e as Percentagens de Área Comprometida (Revestimento-Tipo: Concreto Betuminoso Usinado a Quente – CBUQ)						
Estados de Deformação Permanente	Intervalos de Variação do ISG_{DP}			Área do Pavimento Afetada (%)		
Excelente	0	-	20	0		6,25
Bom	20	-	40	6,25	-	12,5
Regular	40	-	80	12,5	-	25,0
Mau	80	-	160	25,0	-	50,0
Péssimo	160	-	320	50,0	-	100,0

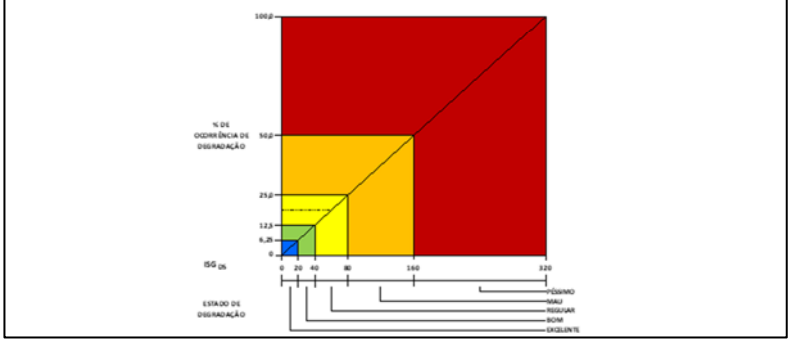


Figura 72 - Representação Gráfica da Correlação ISG_{DP} x Estados de Degradação (CBUQ E TSD)

Destarte, estabelecido a partir da correlação entre a escala tradutora dos cinco níveis conceituais e aquela pertinente à variação do ISG_{DP}. Desta forma, considerando a escala conceitual variando de 0 a 5, bastaria que o novo parâmetro fosse representado por uma função do tipo:

$$Z_{DP} = f(ISG_{DP})$$

ajustada aos pontos de coordenadas indicadas no quadro apresentado a seguir:

CORRELAÇÃO ISG_{DP} x Z_{DP}	
Z_{DS}	ISG_{DP} (CBUQ)
0	0
1	20
2	40
3	80
4	160
5	320

Figura 73 - Correlação ISG_{DP} X Z_{DP}

Considerando para os revestimentos-tipo CBUQ para valores do ISG_{DP} compreendidos entre 0 e 20, regidos por uma relação linear e, para valores entre 20 e 320, regidos por uma relação logarítmica de base 2; os resultados obtidos, traduzindo correlações simplesmente perfeitas para ambos os casos ($r^2 = 1$), assim expressaram:

- para $0 \leq ISG_{DP} \leq 35$:

$$Z_{DP} = \frac{ISG_{DP}}{20}$$

- para $ISG_{DP} > 35$:

$$Z_{DP} = log_2 \frac{2\,x\,ISG_{DP}}{20}$$

Finalmente, julgou-se oportuno e conveniente remeter todos os índices concebidos pela metodologia Paragon à uma escala similar às escalas usuais – AASTHO, DNIT, etc. – inversa à

presentemente estabelecida, considerando as melhores qualificações consoante uma escala crescente. Para o efeito, bastou considerar um artifício matemático representado pela diferença: 5,0 - Z_{DP} que passou a definir um novo indicador comportamental: o **Índice da Condição de Deformação Permanente - ICDP**, que expresso numa lei logarítmica decimal, é definido por:

- para $0 \leq ISG_{DP} \leq 20$:

$$ICDP = 5 - 0,05\ x\ ISG_{DP}$$

- para $ISG_{DP} > 20$:

$$ICDP = 9,12928 - 3,32193\ x \log ISG_{DP}$$

4.2.5.3.4. Avaliação das Características de Deformabilidade Elástica

A deflexão reversível máxima constitui um parâmetro extremamente interessante que, embora exprima de forma sedutora o comportamento de um pavimento quando solicitado pelas cargas do tráfego, não constitui um parâmetro definidor da estrutura.

Entretanto, sua magnitude pura traduz, de forma magnânima e intuitiva, a percepção do malefício imposto à estrutura pelas cargas do tráfego, predicado de alta qualificação numa análise comportamental de pavimentos, notadamente se juntado aos dois índices de análise anteriormente definidos – degradação superficial (ICDS) e de deformação permanente (ICDP). Essa conjunção de parâmetros comportamentais traduziria, de forma extraordinária, a essência de um ***diagnóstico*** perfeito do pavimento.

Todavia, a pretensão de se promover a agregação desse parâmetro esbarrou, inicialmente, na impossibilidade de se poder adotar procedimento análogo àquele empregado na determinação dos outros parâmetros comportamentais, qual seja, a aplicação do processo de **varredura métrica** com as anotações de ocorrências a cada metro; complementarmente, verificou-se ainda que a marcha de cálculo para definição de um índice de severidade da deformabilidade elástica seria naturalmente diferente, haja vista se tratar de uma característica comportamental a ser definida por um parâmetro único: a deflexão reversível máxima.

Assim, embora o ideal fosse a concepção de um **Índice da Condição de Deformabilidade Elástica – ICDE** em moldes análogos àqueles estabelecidos para as características superficiais (ICDS) e de deformação permanente (ICDP), disciplinados por leis de variação na base 2, foi preciso admitir que o valor individual de cada deflexão fosse representativo de cada estaca, proposição respaldada pelo fato de se tratar de um procedimento adotado mundialmente por todas as demais metodologias de avaliação estrutural e de dimensionamento do reforço estrutural de pavimentos rodoviários.

Assim, à imagem e semelhança dos parâmetros anteriores, admitiu-se que as sequências de valores de deflexões reversíveis poderiam ser disciplinadas por uma lei logarítmica, vinculados aos 5 conceitos de severidade anteriormente definidos. Considerando, pois, esta envoltória de condicionamentos, foram definidos os intervalos das **deflexões reversíveis máximas** ($D_{máx.}$) - devidamente regidos por lei logarítmica de base 2 - procedimento em que teve em conta a particularização de revestimento asfáltico do tipo CBUQ, considerando duas categorias de tráfego comercial ($N < 10^7$ e $N \geq 10^7$):

INTERVALOS DE DEFLEXÕES REVERSÍVEIS (Revestimento-tipo: CBUQ)	
Revestimento-tipo: CBUQ	
$N < 10^7$	$N \geq 10^7$
0 – 25	0 – 20
25 – 50	20 – 40
50 – 100	40 – 80
100 – 200	80 – 160
200 – 400 (ou > 400)	160 – 320 (ou > 320)

Figura 74 - Intervalos de Deflexões Reversíveis (Revestimento-tipo: CBUQ)

Seguidamente, ainda à semelhança dos procedimentos anteriores, julgou-se válido correlacionar os intervalos de variação das deflexões reversíveis máximas com os níveis conceituais já definidos, procedimento elaborado também com o intuito de se apreciar a adequabilidade das magnitudes das deflexões reversíveis por intervalo e por natureza do revestimento asfáltico; concomitantemente, julgou-se também oportuno definir, com base nos intervalos de magnitudes das deflexões, os limites percentuais correspondentes a cada um dos estados de sanidade:

CORRELAÇÃO ENTRE OS CONCEITOS DE SANIDADE E OS INTERVALOS DE VARIAÇÃO DA DEFLEXÃO REVERSIVEL MÁXIMA		
Níveis de Deformabilidade	Revestimento-tipo: CBUQ	
	$N < 10^7$	$N \geq 10^7$
Excelente	0 – 25	0 – 20
Bom	25 – 50	20 – 40
Regular	50 – 100	40 – 80
Mau	100 – 200	80 – 160
Péssimo	200 – 400	160 – 320

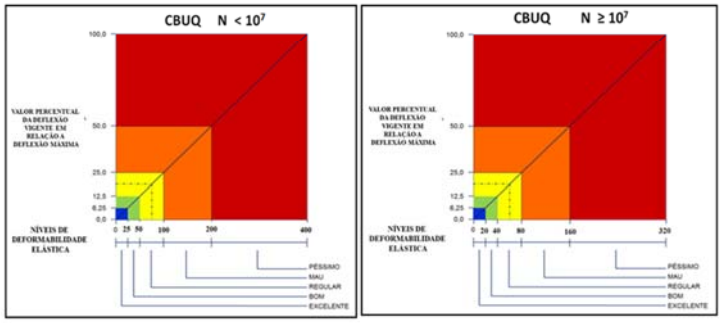


Figura 75 – Representação Gráfica dos Níveis de Deformabilidade

Esta proposição requereu apenas a concepção de um novo parâmetro, estabelecido a partir da correlação entre a escala pertinente aos intervalos de variação das deflexões reversíveis máximas e aquela tradutora dos cinco níveis conceituais, ajustada aos pontos de coordenadas indicadas no quadro apresentado a seguir:

CORRELAÇÃO $D_{máx.}$ x DEZ		
Limites dos Intervalos de Deflexão Reversível		
CBUQ		Z_{DE}
($N < 10^7$)	($N \geq 10^7$)	
0	0	0
25	20	1
50	40	2
100	80	3
200	160	4
400	320	5

Figura 76 - Correlação $D_{máx}$ x D_{EZ}

Assim considerando, a forma encontrada para se promover a correlação consistiu em se considerar dois tramos distintos de ajustamentos dos pares homólogos: os valores de $D_{máx}$ compreendidos nos primeiros intervalos, regidos por uma relação linear e os valores

compreendidos nos demais intervalos, regidos por uma relação logarítmica de base 2; as análises de regressão evidenciaram correlações perfeitas para ambos os casos ($r^2 = 1$), definidas pelas expressões:

CORRELAÇÃO $D_{máx.}$ x DEZ		
CBUQ ($N < 10^7$)	$0 \leq D_{máx.} \leq 25$	$Z_{DE} = \frac{D_{máx.}}{25}$
	$D_{máx.} > 25$	$Z_{DE} = log_2 \frac{2\,x\,D_{máx.}}{25}$
CBUQ ($N \geq 10^7$)	$0 \leq D_{máx.} \leq 20$	$Z_{DE} = \frac{D_{máx.}}{20}$
	$D_{máx.} > 20$	$Z_{DE} = log_2 \frac{2\,x\,D_{máx.}}{20}$

Figura 77 - Correlação $D_{máx}$ x D_{EZ}

Entretanto, verifica-se mais uma vez que os valores crescentes do parâmetro Z_{DE} policiam a magnitude crescente das deflexões reversíveis máximas, particularidade que veio requer a aplicação de outro artifício matemático representado pela diferença: 5,0 - Z_{DE}; a este novo parâmetro comportamental deu-se o nome de **Índice da Condição de Deformabilidade Elástica - ICDE**:

Aplicado, portanto, o artifício matemático, e considerando a transformação para logaritmos na base decimal, promoveram-se as deduções necessárias para transformar as equações anteriores em leis logarítmicas na base 10:

VALORES DE ICDE EM FUNÇÃO DE Dmáx.		
CBUQ ($N < 10^7$)	$0 \leq D_{máx.} \leq 25$	$ICDE = 5,0 - 0,040\,x\,D_{máx.}$
	$D_{máx.} > 25$	$ICDE = 8,643856 - 3,32193 * log\,D_{máx}$
CBUQ ($N \geq 10^7$)	$0 \leq D_{máx.} \leq 20$	$ICDE = 5,0 - 0,050\,x\,D_{máx.}$
	$D_{máx.} > 20$	$ICDE = 8,321928 - 3,32193 * log\,D_{máx}$

Figura 78 - Correlação $D_{máx}$ x D_{EZ}

4.2.5.3.5. Diagnóstico Funcional de Pavimentos

4.2.5.3.5.1. Conceituação

No que tange à avaliação dos pavimentos verifica-se, amiúde, a proposição de métodos e critérios de ajuizamento que não se preocupam em determinar, de modo específico e objetivo, o seu **diagnóstico**, processo analítico que se estabelece com o exame das patologias ou de um quadro clínico. Se limitam a definir, conceitual e/ou numericamente, índices individuais que se propõem a traduzir o estado comportamental do pavimento, não fornecendo, entretanto, quaisquer subsídios para se definir a doença específica, o remédio adequado e tampouco suas respectivas dosagens (a natureza, o tipo e a magnitude das intervenções corretivas a empreender).

Na verdade, os níveis conceituais são definidos a partir do tratamento em conjunto de variáveis de distintas naturezas, procedimento que mascara a importância e a preponderância de certos defeitos específicos, particularidade que impede, naturalmente, o estabelecimento do remédio específico e adequado. Em tais procedimentos, o estado do pavimento é definido através de um parâmetro numérico único deduzido do tratamento em conjunto de doenças distintas, com o qual se estabelecem limites fronteiriços de estados de serventia, tais valores isolados são desprovidos

de qualquer consistência que faculte a prescrição do remédio ideal – ***diagnóstico*** - e tampouco de sua dosagem.

Foi, portanto, com base nessa ausência pragmática que se concebeu um novo procedimento de avaliação, dotando-o de qualificações que permitissem o estabelecimento de um verdadeiro **DIAGNÓSTICO** do pavimento, peculiaridade que, fundamentada nas patologias e doenças constatadas, permite a definição de suas severidades, seus remédios e respectivas dosagens curativas.

Primeiramente, estabeleceu-se conceito de **estado de sanidade**, o qual deve ser traduzido pelo *"conjunto de valores das grandezas ou características físicas de um sistema, necessário e suficiente para caracterizar univocamente a sua condição física"*. A ressaltar, ainda, o fato de a propriedade unívoca consistir no estabelecimento de um "*conceito ou atributo que se aplica a sujeitos distintos de maneira absolutamente idêntica, ou seja, que só comporta uma forma de interpretação"*.

4.2.5.3.5.2.Metodologia para Diagnóstico de Pavimentos

Portanto, foi a exigência angular reivindicada pela definição de diagnóstico, ou seja, o estabelecimento preliminar da diagnose que constituiu a premissa basilar para o desenvolvimento da presente metodologia de avaliação de pavimentos. As **características físicas individuais** – manifestações comportamentais – para além de terem sido identificadas de forma extremamente minuciosa, foram posteriormente enquadradas em grupos familiares distintos, compostos tendo em conta as respectivas cargas genéticas.

Assim, após a definição e consideração de uma enorme gama de variáveis que normalmente interferem no **quadro sintomático** de um pavimento, foram elas enquadradas em três grandes ramos familiares: as degradações superficiais, as deformações permanentes e a deformabilidade elástica.

Seguidamente, foram estabelecidos procedimentos para o levantamento e quantificação numérica – através do cálculo das frequências absoluta e relativa de ocorrência – das manifestações de ruína (defeitos), as quais, afetadas de fatores de ponderação (pesos de responsabilidade), permitiram calcular os índices caracterizadores das condições de **degradação superficial (ICDS)** e de **deformação permanente (ICDP)**; procedimento similar foi aplicado para se ter em conta, concomitantemente, os valores das deflexões reversíveis máximas, as quais, divididas em intervalos de amplitude correlacionados com estados conceituais, permitiram o enquadramento das características de **deformabilidade elástica (ICDE)** dos pavimentos rodoviários.

Os resultados deste procedimento permitiram definir, primeiramente, *o* ***estado de Sanidade*** relativo a cada família de características físicas, ou seja, o ***DIAGNÓSTICO INDIVIDUAL*** das distintas linhagens genéticas, com definição clara e quantificada da saúde ou moléstia externada pelo pavimento. Ato contínuo, tendo-se em conta a consideração conjunta e simultânea dos três índices caracterizadores do pavimento – ICDS, ICDP e ICDE – pôde-se definir, através de um algoritmo genético, o ***estado de sanidade global*** do pavimento, ou seja, do seu verdadeiro estado clínico: a definição desse ***espectro sintomático*** por meio da consideração combinada destes três índices permitiu definir, por conseguinte, o ***DIAGNÓSTICO GLOBAL*** do pavimento.

Assim, tendo-se em conta que cada índice é identificado por uma classificação numérica variando de 5 a 0 que traduz o seu estado de sanidade, tem-se:

ÍNDICES COMPORTAMENTAIS x ESTADOS DE SANIDADE		
Grupo	Intervalos de Variação	Estados de Sanidade
1	4,0 ≤ IC ≤ 5,0	EXCELENTE
2	3,0 ≤ IC < 4,0	BOM
3	2,0 ≤ IC < 3,0	REGULAR
4	1,0 ≤ IC < 2,0	MAU
5	0,0 ≤ IC < 1,0	PÉSSIMO

Figura 79 - Índices Comportamentais x Estados de Sanidade

As combinações numéricas dos três índices - ICDS, ICDP e ICDE – ***analisados sempre nesta ordem***, traduzirão, simultaneamente, os estados de sanidade individuais das degradações superficiais, das deformações permanentes e da deformabilidade elástica externados pelo pavimento:



Figura 80 – Combinação Numérica dos Índices de Condição

A análise conjunta dos três índices comportamentais dá origem a 125 combinações que traduzem, em sequência finita de ações executáveis, o ***espectro sintomático*****,** ou seja, o ***estado de sanidade*** dos pavimentos rodoviários; tais combinações, estabelecidas a partir de procedimento preciso, não ambíguo, mecânico e correto, definem o ***algoritmo genético*** do estado comportamental de um pavimento:

ALGORITMO GENÉTICO DOS ESTADOS DE SANIDADE DE UM PAVIMENTO				
111	112	113	114	115
121	122	123	124	125
131	132	133	134	135
141	142	143	144	145
151	152	153	154	155
211	212	213	214	215
221	222	223	224	225
231	232	233	234	235
241	242	243	244	245
251	252	253	254	255
311	312	313	314	315
321	322	323	324	325
331	332	333	334	335
341	342	343	344	345
351	352	353	354	355
411	412	413	414	415
421	422	423	424	425
431	432	433	434	435
441	442	443	444	445
451	452	453	454	455
511	512	513	514	515
521	522	523	524	525
531	532	533	534	535
541	542	543	544	545
551	552	553	554	555

Figura 81 - Algoritmo Genético dos Estados de Sanidade de um pavimento

Dessa forma, a presente metodologia define um sistema de codificação numérica integrada e estabelece uma *linguagem comum e universal* para a caracterização dos pavimentos: o *algoritmo de ordenação genética define o estado de sanidade de um pavimento, independentemente de sua espessura, materiais de constituição e solos de fundação, localização e tráfego suportado*, particularidade que permite a universalização desse procedimento para definição do diagnóstico de pavimentos asfálticos.

A metodologia evidencia que pavimentos que ostentam a mesma codificação genética exibem estados de sanidade idênticos, padecem dos mesmos males e demandam, por conseguinte, intervenções corretivas análogas; por exemplo, todo *diagnóstico 154* evidencia que o pavimento sob análise exibe degradações superficiais acentuadas, deformações permanentes praticamente nulas e uma estrutura robusta, que se comporta excepcionalmente bem sob a ação das cargas do tráfego, demandando não mais que a substituição (remoção e reconfecção) da camada de revestimento existente.

Por outro lado, em que pese o encanto dessa combinação genética, uma preocupação de ordem prática entretanto se apresentou: o elevado número de células comportamentais (125), externando sequencialmente identidades bastante similares – diferenciadas por fronteiras muito tênues, definidas ao rigor de sutilezas comportamentais – embora de fácil identificação numérica, é de

difícil memorização e não faculta uma representação gráfica que permita a definição simples e intuitiva de segmentos que evidenciam comportamentos similares ou homogêneos.

Na busca de suma solução, pensou-se em várias formas de representação gráfica dos três índices considerando por exemplo, suas respectivas escalas cromáticas, a soma dos valores dos numerais componentes, a representação do valor numérico de cada código em escalas verticais e outras.

Ao final, chegou-se à conclusão de que o ideal seria estudar um processo de discretização – transformação da distribuição contínua em unidades grupais – capaz de permitir a conciliação de códigos genéticos que, embora distintos, não externassem diferenças capazes demandar soluções corretivas diferentes.

Das análises efetuadas chegou-se a uma conclusão *suis generis*: essa proposição acima reportada ditava, por si própria, o caminho da discretização: o apartamento do elenco em grupos de células genéticas que demandassem intervenções corretivas similares ou idênticas, conjectura que demandou, por conseguinte, a composição de uma *Árvore de Decisão – Matriz de Decisão* – contemplando a intervenção corretiva demandada por cada estado de sanidade; os estados de sanidade que demandassem mesmo tipo de intervenção comporiam grupos específicos.

Para o efeito, após avaliações meticulosas, verificou-se primeiramente que todas as possíveis soluções de recuperação de um pavimento rodoviário se enquadram em linhagens que compõem a "*Família do 5R*" (Reparos Localizados, Recarga Superficial, Recomposição Superficial, Reforço Estrutural e Reconstrução), curiosamente também regida por um conjunto de cinco opções, confluência que se vincula, de forma conspiradora, com as demais divisões – ou discretizações – até então estabelecidas no âmbito da Metodologia Paragon (estados de sanidade, intervalos de variação, índices de condição, níveis conceituais).

A dissertação sobre os critérios e conceitos admitidos para definição das intervenções corretivas demandadas por cada código genético é apresentada no tópico apresentado a seguir.

Finalmente, cabe destacar o fato de o diagnóstico constituir um poderoso instrumento de auxílio ao projetista, o qual pode *conceber* as intervenções corretivas a empreender antes de processar, pura e simplesmente, a aplicação de qualquer método de dimensionamento de reforços estruturais, mesmo o mais completo.

4.2.5.3.6. Soluções Conceptivas para Reabilitação de Pavimentos

4.2.5.3.6.1. Considerações Gerais

A proposta de se conceber primeiramente a natureza das intervenções reclamadas por pavimentos rodoviários vem constituir, nos tempos atuais, uma grande "novidade", haja vista que o procedimento usual consiste em se medir e tratar alguns parâmetros – notadamente a deflexão reversível máxima – e dimensionar o reforço estrutural, procedimento que limita as soluções de restauração sempre à adição de camadas a estrutura existente.

Assim considerando, e na expectativa de se poder definir a natureza e o tipo – não a magnitude – das intervenções corretivas a empreender, a linha mestra da metodologia Paragon se alicerçou na busca de procedimentos capazes de propiciar, primeiramente, uma definição cabal dos "***estados de sanidade***" externados pelo pavimento – estaca por estaca e por faixa de tráfego – os quais, por si próprios, definiriam os respectivos "***diagnósticos***" clínicos.

Partindo dessa propositura inicial, a etapa seguinte recaiu na concepção, para cada estado de sanidade diagnosticado, do "remédio" ideal, a ser definido com base na gênese, na quantificação e nos estágios evolutivos das patologias externadas pelo pavimento existente. Desta forma, dispondo-se de um quadro sintomático bem definido e composto o algoritmo genético das combinações dos estados de sanidade, procurou-se, no âmbito da metodologia Paragon, compor uma ***matriz de decisão*** ("expert systems") definida pelas soluções conceptivas reclamadas por cada estado de sanidade externado pelo pavimento!

A essência das ***soluções conceptivas*** se vincula, portanto, ao quadro sintomático externado pelo pavimento, o qual, ao exteriorizar suas deficiências, revela a origem de suas malformações (se de naturezas superficiais ou ocorrentes em profundidades); no âmbito dessa análise, a magia consiste, destarte, em se poder definir a doença que acomete o pavimento, sua gênese e o seu processo evolutivo, particularidades que em conjunto estabelecem a natureza da intervenção requerida. A definição da incisão – local e profundidade – se faz extremamente importante uma vez que nos procedimentos empregados para o dimensionamento de reforço estrutural as espessuras determinadas são sempre por acréscimo, sem nunca se ter em conta eventuais necessidades de correções a níveis internos.

Desta forma, quando as degradações a serem corrigidas são de natureza superficial, as espessuras de reforços calculadas, dependendo das gravidades constatadas, podem ser válidas e quando decorrem de deformações permanentes em uma ou mais camadas – principalmente as de naturezas plásticas ou associadas à inadequabilidade comportamentais e/ou mecânicas dos materiais – as espessuras de reforço calculadas tornam-se inadequadas ou desprovidas de fundamentação; na realidade, constitui veto natural capear pavimentos que externam excessos de degradações superficiais e/ou deformações plásticas externas ou internas comprometedoras, haja vista que em ambos os casos se fazem naturalmente necessário se promover remoções parciais ou totais ou reconfecção das camadas danificadas.

Verifica-se assim a importância de se ***conceber as soluções*** antes de se promover, de forma puramente analítica, o dimensionamento do reforço estrutural de um pavimento qualquer. O dimensionamento teórico de um reforço, em sua essência, parte do princípio de que o sistema estratificado existente, ofertado aos cálculos, se apresenta perfeitamente apto, apenas requerente de um aporte estrutural necessário para suportar as solicitações ulteriores que lhe serão impingidas pelo tráfego futuro. A complementar, pode-se afirmar, com certeza plena, que as ***soluções conceptivas devem condicionar as soluções de caráter estrutural***, as quais carecem de

se render às premissas conceptivas que determinam o nível e a estratificação das malformações existentes.

De modo sanar um pouco as deficiências retrocitadas, julgou-se, no âmbito da metodologia Paragon, que seria importante definir primeiramente as conceituações, as terminologias e as definições das **Tarefas Típicas da Manutenção Rodoviária**. Com base na conceituação formulada e considerando os diversos subsistemas envoltórios, evidenciou-se que as intervenções de recuperação típicas de pavimentos rodoviários poderiam ser agrupadas em uma grande família, tradutora da **natureza** das principais ações corretivas: a **FAMÍLIA DOS 5R**:



Figura 82 – Família dos 5 R

Agora, tendo em conta que o objetivo primordial da presente metodologia consiste no estabelecimento de procedimentos que permitam conceber previamente **a natureza das intervenções corretivas** demandadas por pavimentos existentes, julgou-se oportuno particularizar o elenco de intervenções corretivas-tipos pertinentes à **família dos 5R**. Tal conveniência adveio junto com a possibilidade de se poder introduzir, no âmbito da metodologia Paragon, "***matrizes de intervenções corretivas***" requeridas pelos pavimentos existentes, **concebidas** a partir da análise dos estados de sanidade vigentes, enquadrados no espectro definido pelo algoritmo genético.

Assim considerando, julgou-se oportuno definir e codificar previamente a **Natureza das Intervenções Corretivas** e particularizar os **Tipos Alternativos** dentro de cada uma delas, lembrando que a solução corretiva final pode contemplar uma única medida de corretiva ou uma composição de intervenções. Com o objetivo maior de ressaltar não só a possibilidade como também a necessidade de se aplicar distintas ações corretivas de forma consorciada, procurou-se estabelecer as várias composições plausíveis no âmbito da **Família dos 5R**:

INTERVENÇÕES TÍPICAS DE REABILITAÇÃO DE PAVIMENTOS VIÁRIOS		
Nº	Intervenção Tipo	Codificação
1	REPAROS LOCALIZADOS	RL
2	REPAROS LOCALIZADOS + RECARGA SUPERFICIAL	RL + RS
3	REPAROS LOCALIZADOS + REFORÇO ESTRUTURAL	RL + REF
4	FRESAGEM REVESTIMENTO (FAIXA) + RECOMPOSIÇÃO SUPERFICIAL	FSG_F + RPS
5	FRESAGEM REVESTIMENTO (FAIXA) + REFORÇO ESTRUTURAL	FSG_F + REF
6	RECONSTRUÇÃO PARCIAL (REMOÇÃO REVESTº + RECONFECÇÃO B + COMPLEMENTAÇÃO DO PAVIMENTO)	REC (B)
7	RECONSTRUÇÃO PARCIAL (REMOÇÃO REVESTº E BASE + RECONFECÇÃO SUBBASE + COMPLEMENTAÇÃO DO PAVIMENTO	REC (SB)
8	RECONSTRUÇÃO TOTAL (REMOÇÃO REVESTIMENTO + BASE + SUBBASE) + PAVIMENTO NOVO	REC (TOTAL)
• Merece citação especial um novo tipo de intervenção que vem sendo praticado no Brasil, adotaco por dificuldades econômicas e/ou falta de projeto, que consiste na fresagem de deformações permanentes devidas a plasticidades elevadas ou nas fresagens do revestimento no eixo, entre trilhas de roda e nos bordos das faixas de tráfego, destinadas a reduzir a magnitude das trilhas de roda; dada a impropriedade dessa ação de manutenção, não foi ela considerada.		

Figura 83 - Intervenções típicas de reabilitação de pavimentos viários

4.2.5.3.6.2.Matriz Conceptiva das Intervenções Corretivas ("Árvore de Decisão")

Definidas as naturezas das intervenções corretivas passíveis de aplicação na reabilitação de pavimentos e particularizados os tipos alternativos que compõem cada uma delas, julgou-se ser possível estabelecer procedimentos que vinculassem os ***estados de sanidade*** do pavimento às ***intervenções corretivas*** verdadeiramente demandadas. Para o efeito, bastaria se relacionar os códigos do pavimento (suas características de degradação superficial, de deformação permanente e de deformabilidade elástica) – integrados no espectro definido pelo algoritmo genético – com soluções corretivas previamente concebidas, junção esta que propiciaria, naturalmente, a construção de "***árvores de decisão***" (ou "***expert systems***") para definição das intervenções adequadas à reabilitação dos pavimentos.

Assim, considerou-se que cada célula componente do algoritmo composta pela combinação dos três índices de condição, caso disciplinadas por meio de sequências lógicas, facultaria a definição da ***natureza da intervenção corretiva*** para cada código genético, permitindo o estabelecimento de uma "***matriz de decisão***" completa e consistente. A ressaltar, no estabelecimento desse processo, a vantagem de se poder contemplar, atenta e conjuntamente, as condições específicas (nível e intensidade) das degradações superficiais, das deformações permanentes e das deflexões reversíveis máximas vigentes.

A destacar finalmente, o fato de que as soluções indicadas na árvore de decisão são, por conseguinte, ***conceptivas*** e deverão traduzir, fundamentalmente, a **natureza** e o **tipo** – ou a composição de tipos – da intervenção corretiva reivindicada, mas nunca sua **magnitude**.

Complementarmente, cabe ainda destacar os cuidados tidos na definição da fronteira *delimitadora dos estados de sanidade que demandam correções superficiais sem necessidades de aporte estrutural ou aportes estruturais delgados (operações por cobertura)* e os que *demandam intervenções em profundidade simples sem necessidade de aporte estrutural (recomposições superficiais)*, os quais se vinculam aos estado de sanidade *regular*, responsável pela transição entre o estado *bom* – que nada requer além de alguns reparos de caráter localizado – e o estado *mau,* que demanda reconstruções parciais do pavimento.

Assim considerando, julgou-se válido promover uma subdivisão no âmbito do estado de sanidade "regular" com o objetivo maior de distinguir soluções não carentes de aportes estruturais, mas distintas: aquelas as quais "*demandam recargas superficiais (por cobertura)*" – ***"+ Regular"*** – e as que "*demandam recomposições superficiais da camada de revestimento*" – ***"– Regular"***; à essa fronteira associou-se o valor 2,5.

Todavia, com base em análises complementares, verificou-se que os pavimentos enquadrados no estado de sanidade ***"+ Regular"*** pleiteavam um carinho ainda maior, uma vez que variações sutis no código genético reclamavam soluções corretivas ligeiramente distintas: recargas superficiais não dotadas de efeito estrutural e recargas superficiais eventualmente dotadas de efeito estrutural próprio, haja vista que as deflexões reversíveis nesse intervalo variam de 40 a 80/100mm. Dessa forma, foram considerados três estágios para o estado de sanidade ***"regular"***:

- **estado "++ *regular*"**:

requerendo intervenções corretivas superficiais delgadas sem aporte estrutural próprio;

- ***estado "+ regular"***:

requerendo intervenções corretivas superficiais delgadas com eventuais aporte estrutural próprio; e

- **estado "– *regular*"**:

requerendo intervenções de recomposição" em profundidade, sem necessidade de efeito estrutural

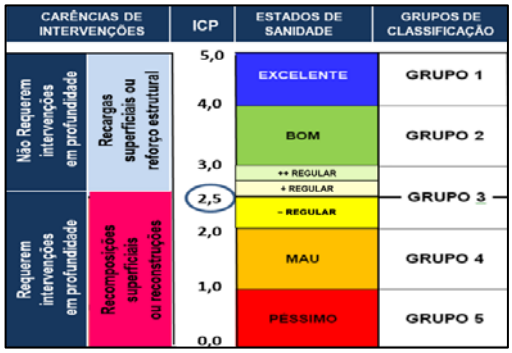


Figura 84 – Divisão do Estado Regular ("++ Regular", "+ Regular" e "- Regular")

Com base em tais considerações, promoveu-se, portanto, o desenvolvimento da *Matriz de Decisão Paragon*, a qual é apresentada a seguir:

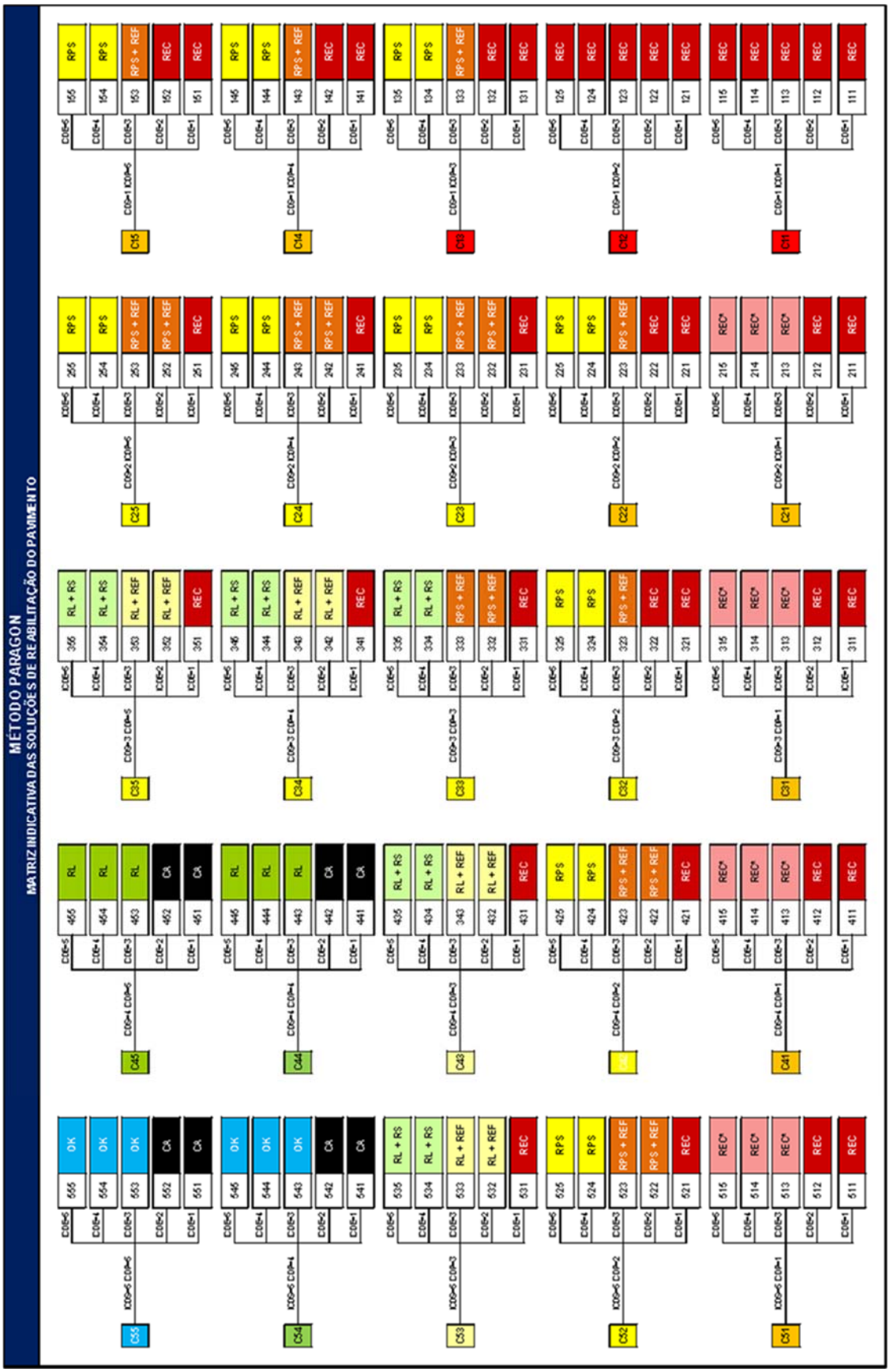


Figura 85 – Matriz Indicativa das Soluções de Reabilitação do Pavimento

Considerando, pois, a "Árvore de Decisão" proposta pela metodologia Paragon para a concepção das intervenções corretivas demandadas pelo pavimento, julgou-se oportuno listá-la também sob forma matricial, particularidade que faculta uma visão mais holística e contextualizada das vinculações: ***estados de sanidade (código genético) versus solução conceptiva***:

MATRIZ DE DECISÃO *PARAGON* (SOLUÇÕES CONCEPTIVAS DE RESTAURAÇÃO)				
111 (REC)	112 (REC)	113 (REC)	114 (REC)	115 (REC)
121 (REC)	122 (REC)	123 (REC)	124 (REC)	125 (REC)
131 (REC)	132 (REC)	133 (RPS + REF)	134 (RPS)	135 (RPS)
141 (REC)	142 (REC)	143 (RPS + REF)	144 (RPS)	145 (RPS)
151 (REC)	152 (REC)	153 (RPS + REF)	154 (RPS)	155 (RPS)
211 (REC)	212 (REC)	213 (REC*)	214 (REC*)	215 (REC*)
221 (REC)	222 (REC)	223 (RPS + REF)	224 (RPS)	225 (RPS)
231 (REC)	232 (RPS + REF)	233 (RPS + REF)	234 (RPS)	235 (RPS)
241 (REC)	242 (RPS + REF)	243 (RPS + REF)	244 (RPS)	245 (RPS)
251 (REC)	252 (RPS + REF)	253 (RPS + REF)	254 (RPS)	255 (RPS)
311 (REC)	312 (REC)	313 (REC*)	314 (REC*)	315 (REC*)
321 (REC)	322 (REC)	323 (RPS + REF)	324 (RPS)	325 (RPS)
331 (REC)	332 (RPS + REF)	333 (RPS + REF)	334 (RL + RS)	335 (RL + RS)
341 (REC)	342 (RL + REF)	343 (RL + REF)	344 (RL + RS)	345 (RL + RS)
351 (REC)	352 (RL + REF)	353 (RL + REF)	354 (RL + RS)	355 (RL + RS)
411 (REC)	412 (REC)	413 (REC*)	414 (REC*)	415 (REC*)
421 (REC)	422 (RPS + REF)	423 (RPS + REF)	424 (RPS)	425 (RPS)
431 (REC)	432 (RL + REF)	433 (RL + REF)	434 (RL + RS)	435 (RL + RS)
441 (CA)	442 (CA)	443 (RL)	444 (RL)	445 (RL)
451 (CA)	452 (CA)	453 (RL)	454 (RL)	455 (RL)
511 (REC)	512 (REC)	513 (REC*)	514 (REC*)	515 (REC*)
521 (REC)	522 (RPS + REF)	523 (RPS + REF)	524 (RPS)	525 (RPS)
531 (REC)	532 (RL + REF)	533 (RL + REF)	534 (RL + RS)	535 (RL + RS)
541 (CA)	542 (CA)	543 (OK)	544 (OK)	545 (OK)
551 (CA)	552 (CA)	553 (OK)	554 (OK)	555 (OK)
REC* – Reconstrução Parcial do Pavimento – Intervenção com Retrabalhamento/Reciclagem da Camada de Base Com ou Sem Incorporação de Revestimento Asfáltico				

Figura 86 - Matriz de decisão da Metodologia PARAGON

4.2.5.4.Avaliação das Características Estruturais dos Pavimentos

4.2.5.4.1. Introdução

Quando da apresentação dos procedimentos de *Avaliação e Diagnóstico Funcional de Pavimentos* ficou suficientemente evidenciada a enorme importância de se processar, complementarmente, adequadas caracterizações das condições estruturais dos pavimentos, principalmente quando constatada a necessidade de intervenções corretivas que demandam aporte estrutural (reforços estruturais e reconstruções).

Na realidade, ajuizou-se que a quantificação objetiva das características de degradação superficial e de deformação permanente combinadas com o valor absoluto da deflexão reversível máxima seria bastante e suficiente para *se promover* o *diagnóstico funcional do pavimento* e *conceber as medidas corretivas demandadas*.

Essa ótica de avaliação confronta-se, contudo, com a quase totalidade dos métodos de avaliação e de caracterização de pavimentos desenvolvidos e divulgados mundo afora, os quais preconizam levantamentos de um número reduzido de parâmetros com os objetivos de definir segmentos que externem comportamentos uniformes – segmentos homogêneos – e promover suas respectivas "caracterizações estruturais" com base em valores médios da deflexão reversível máxima, na maioria das vezes considerados isoladamente.

No caso presente, embora se considere que a deflexão reversível máxima constitua um parâmetro completamente insuficiente para definir características estruturais, julga tratar-se de um coadjuvante bastante interessante na definição do *estado de sanidade* dos pavimentos. As deflexões, isoladamente, permitem no máximo a definição dos locais onde o pavimento experimenta maiores ou menores deformações verticais reversíveis quando carregados exteriormente, não se apresentando suficientes sequer para caracterizar o pavimento sob ponto de vista exclusivo da reversibilidade.

Do exposto, torna-se evidente que análises estruturais fundamentadas em valores individuais da deflexão reversível máxima, considerada parâmetro *plenipotenciário e autodefinidor*, podem conduzir a resultados pouco concludentes ou até mesmo errôneos.

Sob tais circunstâncias, no âmbito da metodologia Paragon, considera-se de fundamental importância a contemplação de parâmetros de comportamento mais consistentes – suas grandezas fundamentais –, capazes de permitir a adequada qualificação da estrutura estratificada composta pelo sistema pavimento – solo de fundação.

Deste modo, para se promover uma competente *caracterização estrutural* do sistema estratificado quando submetido a carregamentos exteriores, ajuizou-se que se tornaria fundamentalmente importante diligenciar, no mínimo, a determinação dos seguintes elementos:

- o *perfil constitutivo da estrutura* constituída pelo sistema pavimento – solo de fundação (número de camadas, espessuras e materiais constituintes) e
- as *linhas de influência dos assentamentos reversíveis*, a serem obtidas em ensaios de carga dinâmicos,

os quais, analisados em conjunto, permitem a determinação de grandezas fundamentais, tais como o perfil estratigráfico (número e espessuras das camadas) e os módulos de elasticidade e coeficientes de Poisson de cada camada constitutiva do pavimento e do solo de fundação.

Complementarmente, ainda no âmbito da presente metodologia, considera-se ainda igualmente importante a realização de sondagens de poço e rotativa, em locais específicos e bem definidos, com três objetivos principais:

- Promover a classificação táctil-visual e identificação dos materiais constituintes das camadas do pavimento e do solo de fundação e determinar as condições de trabalho vigentes, traduzidas pelas características de densificação e de umidade *in situ*;
- Permitir a coleta de amostras dos materiais constitutivos do pavimento e do solo de fundação para caracterizações laboratoriais, proposição que se respalda em experiências pregressas que evidenciaram a importância do conhecimento de parâmetros físicos, mecânicos e de resistência dos materiais em análises teóricas processadas através de fundamentos da Mecânica dos Pavimentos.
- Propiciar a adequada calibração das constantes dielétricas dos materiais constituintes do conjunto pavimento – solo de fundação, muito importantes na análise e interpretação dos perfis estratigráficos em contínuo, medidos pelo Ground Penetrating Radar (GPR);

4.2.5.4.2. Procedimentos e Equipamento para Obtenção das Linhas de Influência

As solicitações usualmente impostas a um pavimento viário são de natureza dinâmica e apresentam particularidades pertinentes aos distintos veículos comerciais. Assim, para a determinação das características estruturais do pavimento existente e dos esforços solicitantes que se desenvolvem no seio de suas camadas e no solo de fundação, faz-se necessário definir

as condições representativas da carga-padrão operante, fundamentalmente no que diz respeito às suas magnitudes, às características geométricas de suas distribuições (impressões de contato) e aos tempos de aplicação de carga.

Com esse objetivo e tendo em conta a importância de se definir, com bastante propriedade, os parâmetros tradutores do comportamento estrutural do sistema pavimento – solo de fundação, julgou-se imprescindível promover os estudos pertinentes: definição das características da geometria da impressão de contato, da pressão vertical de compressão imposta na interação pneu–pavimento e do tempo de aplicação da carga representativo da frota de veículos comerciais.

4.2.5.4.2.1.Definição da Geometria da Carga Representativa

Com o objetivo de avaliar a geometria de distribuição das cargas impostas por um caminhão eixo simples de bandagem dupla carregado com 8,2t e pressão de enchimento dos pneus variando de 80 a 100psi, promoveu-se uma série de experimentos para definição das impressões no contato transmitidas por um conjunto de rodas gêmeas (semieixo traseiro), considerando diversos tempos de aplicação de carga. Os resultados obtidos evidenciaram que:

- baixas pressões de enchimento e tempos de carga elevados revelam contornos em geral irregulares e distribuições de carga não uniformes, com maior concentração nos flancos do que no centro do pneu;
- elevadas pressões de enchimento e tempos de carga reduzidos – da ordem de 1s – revelam contornos bem definidos, de forma sensivelmente circular e praticamente sem concentrações nos flancos dos pneus.

Evidenciaram também a tendência de impressões circulares e permitiram definir que as impressões de contato das rodas gêmeas de um eixo "tandem" duplo poderiam ser representadas por áreas circulares com raios $r = 10,8cm$, distanciadas entre si – de bordo a bordo – em cerca de $10,4cm$).



Figura 87 – Configuração Geométrica das Impressões de Contato

4.2.5.4.2.2.Definição da Pressão Vertical de Contato

Para definição da pressão de contato pneu–pavimento, ignorados os eventuais efeitos de concentração de tensões junto aos flancos dos pneus, tem sido usualmente considerado que a pressão de contato tende a ser similar à pressão de enchimento.

Para avaliar essa admissão – bastante interessante –, procurou-se cotejar os resultados experimentais obtidos com as características técnicas estabelecidas pelos fabricantes dos veículos comerciais brasileiros – eixo "tandem" duplo com cargas compreendidas entre o eixo-padrão de

8,2t e o eixo legal de 10,0t e pneus calibrados com pressões de enchimento médias de 80 a 100psi – contemplando condições de carregamento distintas (carregado e vazio).

PRESSÃO DE ENCHIMENTO DOS PNEUS x ÁREA DE CONTATO PNEU–PAVIMENTO		
Área de Contato Pneu–Pavimento	Pressão de Enchimento (Eixo Tandem Duplo – Pneu Convencional)	
	8,2t	10,0t
	415,48cm² (r = 11,5cm)	346,36cm² (r = 10,5cm)

PRESSÃO DE ENCHIMENTO X PRESSÃO DE CONTATO			
Área de Contato Pneu–Pavimento	Condições de Carregamento	Pressão de Enchimento (Eixo Tandem Duplo – Pneu Convencional)	
		8,2t	10,0t
	Vazio	78psi 5,48 kgf/cm² (r = 10,91cm)	92psi 6,47 kgf/cm² (r = 10,04cm)
	Carregado	93psi 6,54 kgf/cm² (r = 9,99cm)	101psi 7,10 kgf/cm² (r = 9,58cm)

Figura 88 – Cotejamento entre as Pressões de Enchimento e de Contato dos Pneus de Veículos Pesados

Sendo assim, fica evidenciado que quaisquer que sejam as condições de carregamento, os raios das impressões de contato variam de *9,58cm a 11,5cm*, extremos não refinados que conduzem a um valor médio da ordem de *10,5cm*, bastante razoável para se admitir a *similaridade entre as pressões de enchimento e de contato*. Tais constatações vieram também afiançar as experimentações de campo que denunciaram impressões de contato das rodas gêmeas de um eixo simples carregado representadas por áreas circulares com raios *r = 10,8cm*.

4.2.5.4.2.3.Definição do Tempo de Aplicação das Cargas

Para definição do tempo de aplicação das cargas rodoviárias impingidas pelos veículos comerciais ao pavimento basta considerar por quanto tempo um determinado elemento (unitário) disposto na superfície de um pavimento é realmente solicitado, atuação esta que é definida pelo tempo necessário para a impressão de contato do pneu–pavimento transladar sobre o elemento unitário considerado (“entrar de um lado e sair do outro”); para esse cálculo, basta definir a velocidade média de percurso dos veículos pesados e o diâmetro de suas respectivas impressões de contato.

Com base em todas essas considerações, julgou-se poder estimar a velocidade média de percurso dos veículos comerciais carregados ao longo da *rede rodoviária brasileira* como sendo da ordem de v = 80km/h. Para essa velocidade média, considerando a impressão de contato determinada experimentalmente – *Ø = 21,6cm* – calculou-se o tempo que cada elemento unitário da superfície do pavimento permanece sob carga: $t_c = 0,01$ segundo, ao qual corresponde uma frequência de solicitação da ordem de *f = 100 Hz*, conforme representado a seguir.

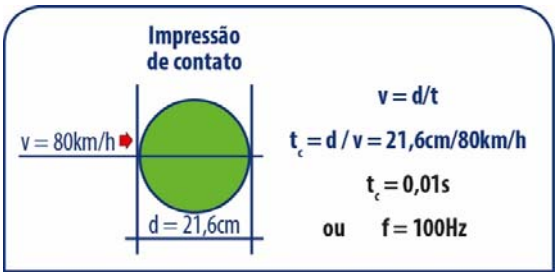


Figura 89 – Tempo de Aplicação de uma Carga Móvel Rolante sobre um Elemento Superficial Unitário

4.2.5.4.2.4.Seleção do Ensaio de Carga Dinâmica

Como anteriormente alertado, para se caracterizar a estrutura de um pavimento existente faz-se fundamentalmente necessário determinar as linhas de influência dos assentamentos reversíveis provocados à superfície sob a ação de cargas dinâmicas, obtidas, no caso presente, com o emprego do deflectógrafo de pavimento Falling Weight Deflectometer – FWD.



Figura 90 – Falling Weight Deflectometer - FWD

Com o FWD, as medições são pontuais, estaca por estaca, e a integração gráfica das medições processadas por 7 geofones permite a delineação da *linha de influência dos assentamentos reversíveis* detectada no âmbito da carga aplicada.

A título de informação complementar, vale citar que, ao contrário do comumente propalado, *o* FWD *não mede deflexões reversíveis* e sim a magnitude e a velocidade da vibração imposta à estrutura por uma carga dinâmica gerada pelo impacto de um peso em queda livre de sobre um sistema de amortecedores de borracha; registra, por conseguinte, a *Energia Potencial Gravitacional (EPG)*. A onda gerada – pelo choque da carga solicitante – se propaga de forma senoidal e é captada e medida à superfície do pavimento pelos sete geofones, dispostos à distintas distâncias.

O cálculo do efeito dinâmico consiste, por conseguinte, na determinação da força de pico obtida ao se igualar a energia potencial da massa, antes da sua queda, com o trabalho desenvolvido pelos amortecedores de borracha, depois da queda. Os registros da velocidade das ondas de vibração impostas à estrutura pela carga dinâmica e a definição de seus picos máximos ao centro de aplicação de carga e a distintas distâncias são ilustrados a seguir:

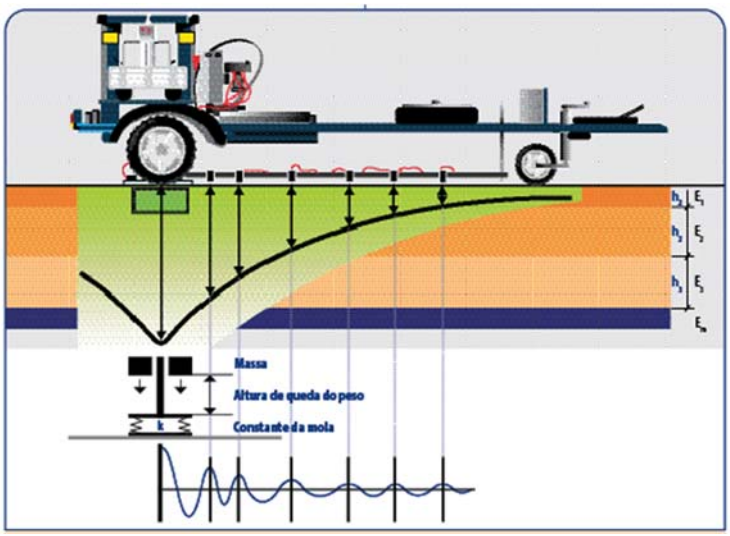


Figura 91 – Registro da Velocidade de Vibração Imposta à Estrutura por uma Carga Dinâmica e Definição dos Picos Máximos da Onda Gerada

Na validação dos ensaios de caracterização estrutural de pavimentos teve-se em conta ainda o fato de o FWD aplicar um carregamento único, diferente do semieixo traseiro de um caminhão, composto de um par de rodas gêmeas, particularidade que demandou a aplicação de uma carga de 4100kgf – soma das cargas correspondentes ao par de rodas gêmeas (2050 kgf/cm^2) – distribuída sobre uma placa circular de r = 15,25cm (*Ø* = 12”), compatível para exercer uma pressão de solicitação de σ_c = 5,6kgf/cm^2 ao pavimento.

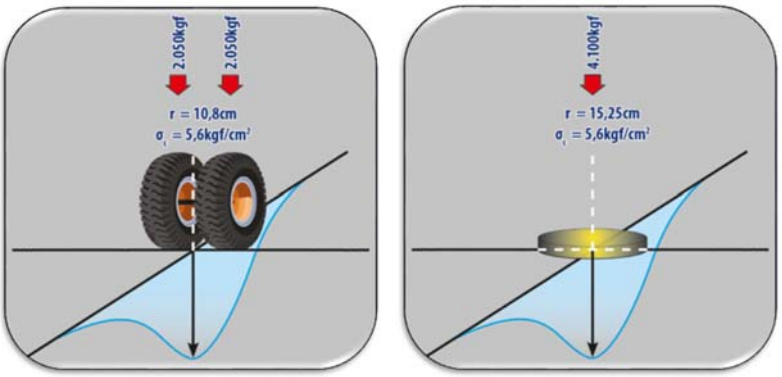


Figura 92 – Simulação das Condições de Aplicação de Cargas pelo FWD e por um Conjunto de Rodas Gêmeas de um Semieixo de um Caminhão

4.2.5.4.2.5.Definição do Posicionamento Longitudinal dos Geofones

No caso presente, tendo em conta as características de flexibilidade dos materiais constituintes usuais das camadas do pavimento existente e também do solo de fundação, considerou-se os posicionamentos dos sete geofones FWD conforme recomendado pelo *Programa SHRP*, indicados a seguir.

DISPOSIÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DOS GEOFONES (Pavimentos Flexíveis)		
Geofone Nº	Denominação da Deflexão Reversível	Distância em Relação ao Centro da Placa (cm)
1	D_0	0
2	D_{20}	20
3	D_{30}	30
4	D_{45}	45
5	D_{60}	60
6	D_{90}	90
7	D_{120}	120

Figura 93 – Posicionamento dos Geofones no Falling Weight Deflectometer – FWD em relação ao centro de aplicação de carga

4.2.5.4.2.6.Definição dos Locais de Avaliação com o FWD

No caso presente, conforme disposto nos Termos de Referência, a medição das linhas de influência foi processada a cada 20m, dispostas alternadamente em relação às faixas de tráfego. Para a demarcação das estacas – tarefa sempre morosa e substancialmente imprecisa quando feita por caminhamento –, empregou-se um equipamento eletrônico especialmente desenvolvido – *Automated Mark System* –, o qual, dotado de um *encoder ótico* que permite marcações com precisão milimétrica; o equipamento é ilustrado a seguir.



Figura 94 – Equipamento de demarcação viária *Automated Mark System*

4.2.5.4.3. Procedimentos e Equipamentos para Determinação do Perfil Constitutivo do Pavimento

Uma vez medidas as linhas de influência experimentais dos assentamentos reversíveis com emprego de ensaios de carga dinâmicos, o passo seguinte da caracterização estrutural consiste em pesquisar, na Teoria da Elasticidade aplicada a sistemas estratificados carregados exteriormente, linhas de influência teóricas iguais ou similares, procedimento que permite inferir, por analogia, as grandezas fundamentais da estrutura e do solo de fundação.

Nessa busca, que ocorre por processo iterativo, torna-se importante – mas não imprescindível – conhecer o perfil constitutivo (geometria) do pavimento existente ou, mais fundamentalmente, o número e a espessura de suas camadas constitutivas, grandezas que permitem avaliações comportamentais mais consistentes e verdadeiras.

Fundamentados nessa premissa e tendo em conta a enorme importância que o conhecimento do perfil estratigráfico empresta à análise estrutural (*retroanálise*), promoveu-se, no caso

presente, o levantamento do perfil constitutivo dos pavimentos existentes através de dois procedimentos conjugados:

a) *Ground-Penetrating Radar (GPR)*

Trata-se de um radar de profundidade que permite a determinação do número e da espessura das camadas componentes do sistema estratificado em contínuo. Acoplado com antenas do tipo *Horn Antenna* (Antena Chifre) e dispositivo *Air Coupled* de 1,0GHz (Antena com contato com ar), é capaz de proporcionar prospecções de até 1,5 metro de profundidade, penetração suficiente para determinação do número e espessuras das camadas existentes.

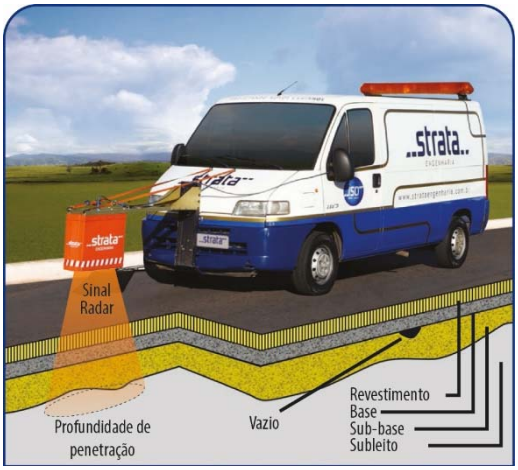


Figura 95 – *Ground-Penetrating Radar* (GPR)

O princípio de funcionamento do GPR consiste na transmissão de ondas eletromagnéticas para o interior do pavimento através de uma antena transmissora. As mudanças das propriedades eletromagnéticas (constante dielétrica) características de cada material constituinte do pavimento fazem com que, a cada mudança de material, fração (parte) das ondas transmitidas seja refletida enquanto a fração restante continua sua trajetória em profundidade. A fração refletida é detectada por uma antena receptora que mede a amplitude e o tempo de viagem da onda (transmitida e refletida); a representação esquemática do processo de mensuração é ilustrada a seguir.

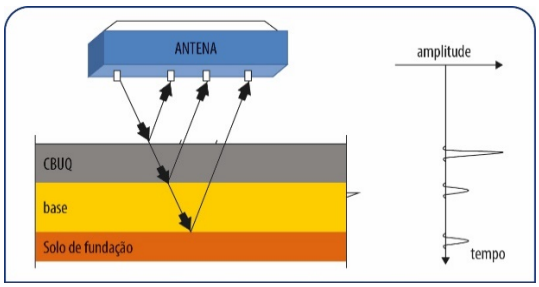


Figura 96 – Princípio de Funcionamento do GPR

A identificação das camadas existentes é processada por meio da interpretação dos registros obtidos quando da realização dos ensaios – penetração/reflexão das ondas eletromagnéticas – conforme ilustrado no "Radargrama" apresentado a seguir.

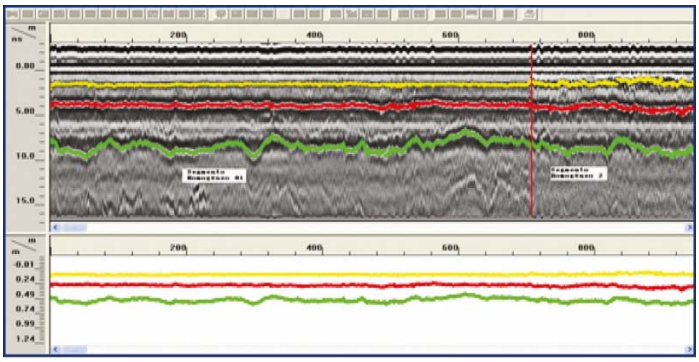


Figura 97 – Interpretação do Radargrama

A determinação da espessura baseia-se, por conseguinte, no cálculo da velocidade e do tempo de percolação da onda eletromagnética numa camada. O tempo de transmissão é a diferença de tempo entre os "picos" que determinam a camada, ou seja, do tempo de ida e volta da onda; a velocidade de transmissão ou de propagação das ondas em cada material é função de sua constante dielétrica específica. Sob tais condições, tem-se as seguintes expressões:

$$Velocidade\ de\ Transmissão = \frac{Velocidade\ da\ Luz}{Constante\ Dielétrica}$$

$$Espessura = \frac{Velocidade\ de\ Trasmissão\ x\ Tempo\ de\ Ida\ e\ Volta}{2}$$

$$Espessura = \frac{Velocidade\ da\ Luz\ x\ Tempo\ de\ Ida\ e\ Volta}{2\ x\ Constante\ Dielétrica}$$

A título de informação complementar, apresentam-se a seguir as constantes dielétricas e as respectivas velocidades de propagação de alguns materiais:

CONSTANTES DIELÉTRICAS E VELOCIDADES DE PROPAGAÇÃO DAS ONDAS NOS MATERIAIS		
Material	**Constante Dielétrica**	**Velocidade (m/ns)**
Ar	1	0,300
Areia Seca	4 – 6	0,120 – 0,150
Argila Saturada	30	0,055
Argila Seca	8	0,110
Argila Saturada	33	0,052
Asfalto	3 – 6	0,120 – 0,170
Concreto	9 – 12	0,087 – 0,100
Água	81	0,033

Figura 98 – Constantes Dielétricas e Velocidades de Propagação das Ondas nos Materiais

b) Sondagens de Poço e Rotativas

As sondagens de poço dever ser localizadas nas zonas centrais em cada segmento homogêneo e de sondagens rotativas, estas dispostas a cada 1000m de extensão. As sondagens de poço visam permitir a classificação táctil-visual dos materiais constituintes das camadas do pavimento e do solo de fundação – não traduzidas pelo Georadar – e a coleta de amostras dos materiais constitutivos para caracterizações laboratoriais. Complementarmente, os resultados das sondagens de poço (espessuras das camadas) permitem promover a calibração das constantes dielétricas dos materiais constituintes do conjunto pavimento – solo de fundação, haja vista que o software do equipamento permite a consideração das espessuras

medidas no campo. As sondagens rotativas são efetuadas com o objetivo de conferir as composições e aferir as espessuras das camadas asfálticas existentes, determinadas através do GPR.



Figura 99 – Sondagens de Poço (Pavimento) e Rotativas (Camada Asfáltica)

4.2.5.4.4. Análise de Consistência das Linhas de Influência Experimentais e Procedimentos para Cálculo das Linhas de Influência Teóricas

A avaliação das características estruturais de um pavimento exige a aplicação de critérios mais profícuos e consistentes que a simples consideração de valores individuais das deflexões reversíveis. Por assim considerar, julgou-se, no âmbito da presente metodologia, que uma adequada caracterização estrutural do sistema estratificado demandaria, no mínimo, a definição do perfil constitutivo da estrutura existente e a interpretação de linhas de influência dos assentamentos reversíveis a serem obtidas através de ensaios de carga dinâmicos.

A consideração conjunta dessas duas variáveis permite, através do artifício matemático denominado *Retroanálise* – desenvolvido pelo Eng.º Almeida Pereira (LNEC 1969), a definição das grandezas fundamentais de um pavimento: número e espessura das camadas constitutivas e os valores de seus respectivos módulos de elasticidade e coeficientes de Poisson.

Em tese, o processo de retroanálise consiste em se pesquisar, na Teoria da Elasticidade aplicada a sistemas estratificados carregados exteriormente, linhas de influência teóricas similares àquelas obtidas experimentalmente, procedimento que faculta definir, por analogia, uma *estrutura de trabalho equivalente*, a qual se apresenta suficientemente representativa do conjunto pavimento – solo de fundação existente.

Destarte, obtidas as linhas de influência experimentais, torna-se primeiramente necessário promover uma análise de consistência dos resultados obtidos com o objetivo de se corrigir/eliminar eventuais falhas de leitura pelos sensores de medida (geofones no FWD), procedimento que possibilita a adequada interpretação analítica das linhas de influência experimentais; tais anomalias podem decorrer do mau contato de um ou mais dos geofones (FWD) dispostos sobre a superfície do revestimento (desníveis localizados, sujeira na pista, pedras soltas, sobreposição ou proximidade de fissuras severas, lâmina d'água, etc.) e respondem pela descontinuidade expectada da conformação geométrica dos deflectogramas.

Dessa forma, com o objetivo de identificar e corrigir deflexões espúrias, desenvolveu-se, no âmbito da Metodologia Paragon, um procedimento para consolidação das bacias experimentais, fundamentado na admissão de sua similaridade com uma função sigmoidal que, calculada por

regressão, define uma *"bacia de referência corrigida",* identificando e substituindo as deflexões espúrias.

Essa integração perfeita remete, por conseguinte, a uma função sigmoidal do tipo:

$$D_r = \frac{D_0}{1 + K.r^M}$$

onde:

r – Distância ao centro da bacia deflectométrica (raio);
D_r – Deflexão no raio r (raio);
D_0 – Deflexão no raio 0 (zero);
K e M – Parâmetros obtidos por regressão matemática.

Como a regressão é feita através do *Método dos Mínimos Quadrados*, torna-se necessário primeiramente linearizar a equação, procedimento apresentado a seguir:

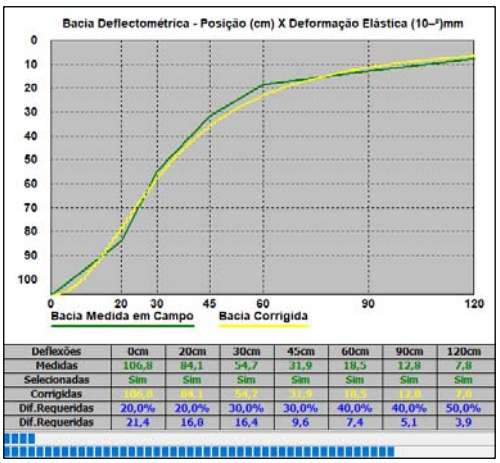
$$D_r = \frac{D_0}{1 + K.r^M}$$

$$\begin{aligned} (1 + K.r^M) &= D_0/D_r \\ K.r^M &= D_0/D_r - 1 \\ \ln(K.r^M) &= \ln(D_0/D_r - 1) \\ \ln(K) + \ln(r^M) &= \ln(D_0/D_r - 1) \\ \ln(K) + \mathrm{M}.\ln(r) &= \ln(D_0/D_r - 1) \end{aligned}$$

Fazendo-se:

$$\ln(K) = b; \quad M = a; \quad \text{tem-se} \quad y = ln\,(D_0/D_r - 1) \;\text{ e }\; \ln(r) = x$$

ou seja, as variáveis que definem a equação $y = a.x + b$ que permite calcular a e b pelo Método dos Mínimos Quadrados e, consequentemente os coeficientes $M = a \;\; e \;\; K = e^b$, necessários à definição da "*bacia de referência*" ilustrada a seguir.



Deflexões	0cm	20cm	30cm	45cm	60cm	90cm	120cm
Medidas	106,8	84,1	54,7	31,9	18,5	12,8	7,8
Selecionadas	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Corrigidas	106,8	84,1	54,7	31,9	18,5	12,8	7,8
Dif.Requeridas	20,0%	20,0%	30,0%	30,0%	40,0%	40,0%	50,0%
Dif.Requeridas	21,4	16,8	16,4	9,6	7,4	5,1	3,9

Figura 100 – Consolidação da Bacia Experimental através de Regressão pelo Método dos Mínimos Quadrados

Processada a retromencionada análise de consistência, o universo de linhas de influência experimentais disponíveis se apresenta apto para ser analisado, procedimento que se lavra através do método da *Retroanálise* que se fundamenta nos critérios clássicos da Mecânica dos Pavimentos aplicados a sistemas estratificados elásticos carregados à superfície.

No caso da *Metodologia Paragon*, considerando as condições de contorno estabelecidas por *Donald M. Burmister* ("The theory of stresses and displacements in layered systems and applications to the design of airport runways", Proc. Highways Research Board, vol. 23, 1943), foi desenvolvido um programa de cálculo automático que varre a Teoria da Elasticidade na pesquisa de linhas de influência teóricas similares às linhas de influência experimentais, considerando um sistema estratificado elástico composto por *5 camadas* submetido até *10 cargas* externas.

Denominado *"**RetroStrata**"*, o programa processa uma varredura iterativa na Teoria da Elasticidade através de um artifício de retroalimentação. A pesquisa, processada de forma instantânea – demanda no máximo 5s para processar cada retroanálise – é concluída quando se estabelece a "cobertura" integral da linha de influência experimental; o programa permite o cálculo de mais de 100.000 linhas de influência teóricas ao cabo de uma noitada de operação dos computadores.

A título ilustrativo, apresenta-se a uma tela do programa na qual consta, na lateral esquerda, o ajuste sigmoidal da linha de influência experimental (método dos mínimos quadrados), e na direita, um "instantâneo" da varredura da Teoria da Elasticidade na busca da linha de influência teórica. Nessa visualização constam-se a linha de influência experimental ajustada (amarela), a calculada instantaneamente (vermelha) e melhor bacia ajustada até aquele instante (azul); no canto inferior direito, dentro do quadro branco aparece NI = 0643, que indica o número de tentativas de ajuste já processadas, as quais podem se estender até a tentativa 2000.



Figura 101 - Procedimento de Retroanálise processado pelo Programa RetroStrata

Como informação complementar, vale lembrar ainda que todas as camadas constitutivas, assim como o solo de fundação, contribuem para a composição da linha de influência dos assentamentos reversíveis, ressaltando que as deflexões mais próximas do centro de aplicação da carga são mais influenciadas pelos valores modulares da camada asfáltica, as deflexões medianas pelos valores da camada de base e as deflexões mais extremas pelos valores modulares da camada de sub-base e nomeadamente do solo de fundação.

A título de ilustração apresenta-se, a seguir, uma representação esquemática da distribuição de cargas com a profundidade – que depende nomeadamente da rigidez das camadas – e as predominâncias de responsabilidade de cada camada e do solo de fundação nos valores das deflexões reversíveis.

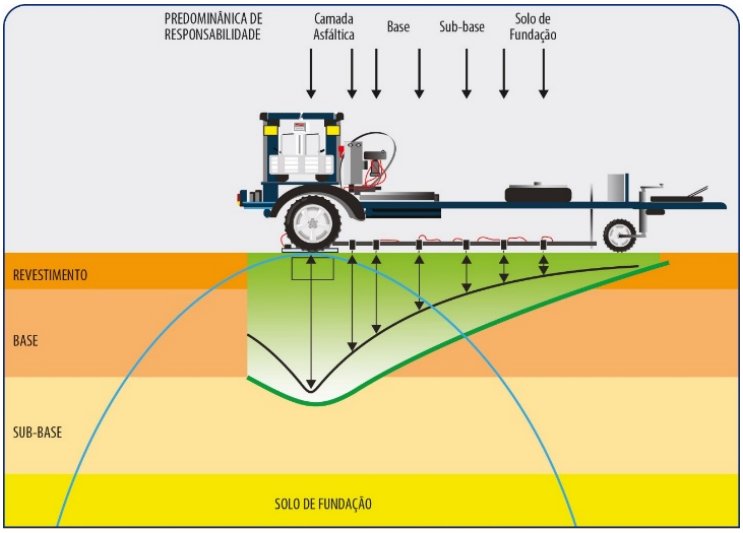


Figura 102 – Representação Esquemática da Distribuição de Cargas com a profundidade e sua influência nos Valores das Deflexões

No âmbito das retroanálises, os cálculos analíticos demandam o conhecimento prévio do *coeficiente de Poisson* (ν) dos materiais constituintes do conjunto pavimento – solo de fundação, definido pela relação entre a deformação transversal relativa e a deformação longitudinal relativa, tratando-se, pois, de uma grandeza adimensional:

$$Coeficiente\ de\ Poisson\ (\upsilon) = \frac{\frac{\Delta t}{e_t}}{\frac{\Delta l}{l_0}}$$

onde:
ν = Coeficiente de Poisson (adimensional);
Δt = variação da dimensão transversal;
e_t = dimensão transversal inicial;
Δl = variação da dimensão longitudinal;
l_o = dimensão longitudinal inicial.

Em termos reais, a determinação do Coeficiente de Poisson é efetuada através de ensaios de tração e são necessários dois dispositivos de medida – de enorme sensibilidade –, um para a medida da deformação transversal e outro para a medida da deformação longitudinal. Dessa forma, como se trata de ensaio difícil de ser executado e sabendo que existe uma variação de valores desses coeficientes para cada material, duas alternativas preditivas se apresentam, ditadas pela experiência de organismos de notório conhecimento: a proposta AASHTO – Guide for

Design of Pavement Structures (1986) e a proposta do Programa SHRP – Strategic Highway Research Program, prestemente adotada:

VALORES DO COEFICIENTE DE POISSON PARA DIVERSOS MATERIAIS		
MATERIAIS	**COEFICIENTE DE POISSON**	
Mistura Asfáltica - Temperatura de Referência (°C)		
Temperatura	**Densa**	**Aberta**
0 – 5,0	0,20	0,35
5,0 – 20,0	0,25	0,40
20,0 – 40,0	0,35	0,40
40,0 – 55,0	0,45	0,45
> 55,0	0,48	0,45
Mistura Asfáltica - Valores Modulares		
S > 35.000kgf/cm²	0,30	
S < 35.000kgf/cm²	0,35	
Concreto de Cimento Portland		
Concreto de Cimento Portland	0,15	
Concreto de Cimento Portland Fraturado	0,30	
Bases e Sub-Bases Estabilizadas		
Com Cimento	0,20	
Com asfalto	0,35	
Granulares	0,35	
Solos de Fundação		
Solo de Fundação Estabilizado	0,35	
Solo de Fundação Coesivo	0,45	
Solo de Fundação Arenoso	0,35	

Figura 103 – Valores dos Coeficientes de Poisson para Diversos Materiais (SHRP)

4.2.5.4.5. Análise e Interpretação das Linhas de Influência Experimentais

A interpretação das *linhas de influência dos assentamentos reversíveis* é processada através de um artifício matemático que consiste em pesquisar, na Teoria da Elasticidade aplicada a sistemas estratificados carregados à superfície, *linhas de influência teóricas* iguais ou substancialmente similares às linhas *experimentais*; quando a superposição de ambas as linhas é perfeita, sob as mesmas condições de carregamento, infere-se que as grandezas definidas pela teoria – número de camadas, espessuras, valores modulares e coeficientes de Poisson – são representativas do sistema existente.

Entretanto, considerando que a retroanálise constitui um processo de interpretação teórica, torna-se fundamentalmente importante ter em conta que os valores modulares obtidos devem ser interpretados de forma analítica, como representantes de uma "*estrutura de trabalho equivalente*". Destarte, não devem ser vinculados, obrigatoriamente, a valores modulares dos mesmo materiais obtidos em laboratório, primeiro porque em um sistema estratificado os materiais trabalham de forma consorciada, conjunta e solidária e segundo, porque a teoria desconhece, solenemente, o que é revestimento asfáltico, brita graduada, cascalhos lateríticos, etc.

Em síntese, os resultados obtidos de retroanálises traduzem "*estruturas de trabalho equivalentes*", que exprimem afazeres comportamentais similares àqueles desenvolvidos pelas distintas estruturas pavimento – solo de fundação submetidas a carregamentos externos similares. Nessa avaliação teórica, os cálculos são processados contemplando as camadas sobrepostas, trabalhando de forma

combinada e solidária, condição que estabelece, *per se*, uma diferenciação natural entre os valores modulares teóricos e o obtidos em ensaios laboratoriais.

Entretanto, em que pese tal diferenciação, julga-se que as estruturas teóricas definidas, quando prudentemente analisadas, auxiliam enormemente na interpretação do comportamento das estruturas vigentes, reais, as quais permitem processar avaliações conjecturais de elevada importância, notadamente no que diz respeito ao comportamento específico de cada camada constituinte. Inclusivamente, permite apreciar a obediência ao princípio basilar que rege a concepção de um pavimento: o arranjo estratificado de materiais deve ser disposto com gradientes de nobreza crescentes no sentido da superfície, tanto mais altivos quanto mais próximos das cargas atuantes.

A tese principal é a de que as camadas mais próximas da superfície têm a obrigação de receber e absorver a parcela majoritária das cargas emanadas pelo tráfego, distribuindo a fração restante, de forma abrandada, para o substrato, constituído por materiais menos nobres. Entretanto, nessa iteração entre camadas atuando em conjunto, um princípio novo – completamente desconhecido – se apresenta, traduzido pelo fato de que cada camada inferior deve cumprir uma missão complementar de enorme importância: garantir a *sustentação da camada superior* de forma a evitar que trabalhe em regimes de solicitação forçada.

Essa nova exigência reclama, por conseguinte, um "compromisso de solidariedade" de todas as camadas do pavimento – que deixam de ser somente "protegidas e aliviadas" – que assumem a missão de suportar as superiores. Para verificação de tais compromissos, basta se avaliar relações modulares externadas por camadas sequenciais, pois grandes quocientes evidenciam, seguramente, a ausência de solidariedade da camada inferior.

Face à importância do "fenômeno de solidariedade" no âmbito de uma estrutura estratificada e considerando que análises de relações modulares entre camadas sequenciais podem se mostrar bastante elucidativas sobre as causas de problemas comportamentais de pavimentos, ajuizou-se, para além do conhecimento e da análise conjunta de suas grandezas fundamentais – número e espessuras das camadas constitutivas e respectivos *módulos de elasticidade* – ser extremamente profícuo determinar, concomitantemente, a *contribuição específica de cada camada constituinte e do solo de fundação na deformabilidade* imposta pelas cargas exteriores ao sistema pavimento – solo de fundação.

Portanto, os cálculos são processados e os resultados obtidos são apresentados em tabelas específicas nas quais constam os valores das deflexões medidas pelo FWD (sete geofones), as espessuras das camadas constituintes do pavimento existente, os coeficientes de Poisson adotados, os valores modulares determinados por retroanálise e, finalmente, a contribuição de cada camada e do solo de fundação na deformabilidade imposta ao pavimento pelas cargas aplicadas.

4.2.5.4.6. Diagnóstico Estrutural de Pavimentos

4.2.5.4.6.1. Conceituação

Definidos os perfis estratigráficos, os módulos dos materiais constituintes e dos solos de fundação e as contribuições de cada camada no valor da deflexão reversível máxima, tem-se os elementos de exame que permitem – através de análises específicas e minuciosas – o estabelecimento dos *diagnósticos estruturais* do pavimento.

Portanto, dispondo-se desses relevantes de parâmetros de comportamento, devem ser seus valores específicos organizados sob forma gráfica – em lineares sinópticos – e gravados sempre na mesma base de correspondência, ditada pelo estaqueamento. Seguidamente, deve-se considerar o desenvolvimento de cada parâmetro e caracterizar suas distinções sequenciais, tradutoras de diferenças comportamentais específicas; a análise de cada parâmetros, processada de forma independente, através da interpretação dos "***diagramas de amplitude***" de suas variações seriais, constitui um procedimento que permite definir segmentos homogêneos sequenciais, distintos dos que o antecedem e sucedem.

Processada essa delimitação longitudinal de cada parâmetro de comportamento estrutural considerado, o passo seguinte consiste em se promover uma ***análise espectral*** englobando todos os parâmetros em conjunto, confrontando suas fronteiras individuais e contextualizando-as de forma a se poder estabelecer as ***"fronteiras conjunturais"***, traduzidas pela conformidade de todos os parâmetros de comportamento no mesmo segmento; o conjunto de homogeneidades individuais compõe um segmento verdadeiramente homogêneo em termos estruturais.

4.2.5.4.6.2.Metodologia para Diagnóstico Estrutural de Pavimentos

A caracterização estrutural proposta pela Metodologia Paragon se alicerça na análise conjuntural das grandezas fundamentais que compõem as camadas do pavimento e o solo de fundação (estaca por estaca, por faixa de tráfego), processada através da contemplação conjugada de suas delimitações sequenciais específicas; vislumbrado no espectro global, segmento homogêneo é aquele em que todos os parâmetros de comportamento externam, simultaneamente, conformidade em suas variações.

Destarte, os trabalhos de investigação das *fronteiras modulares comportamentais* são delicados e sensíveis, pois imploram análises concomitantes dos módulos das diferentes camadas (revestimento, base, sub-base e muitas vezes reforço do subleito) e do solo de fundação, os quais, em seus processos de diferenciação sequencial, demandam "*trajetórias de mudança*" que consomem um determinado *"segmento de transição"*. Simultaneamente, somam-se ainda as contribuições de cada camada no valor da deformabilidade máxima, variáveis que também demandam *intervalos de transição* e que evidenciam, não raras vezes, fronteiras conturbadas com trajetórias envolvidas.

Por vezes, as divisões comportamentais envolvem, nos entornos fronteiriços, entrelaçamentos "nebulosos", cuja definição se faz, contudo, necessária para a definição dos segmentos sequenciais. Nesses casos, as divisões requerem extrema sensibilidade, pois contemplam espectros conjunturais diferenciados por fronteiras muito tênues, definidas pelo rigor de sutilezas comportamentais, particularidade que torna a definição das fronteiras comportamentais ainda mais delicada.

A divisão compartimentada de cada grandeza deve ser promovida de forma individual e independente, etapa que tem sido elaborada através do *processo de decoupage*, o qual se prima pela contemplação dos intervalos de amplitude detectados, evidenciados pelas variações sequenciais analisadas; são definidos com base na acuidade visual e na experiência e sensibilidade do analista, não sendo, portanto, definidos por regras rígidas ou fáceis de definir.

As fronteiras estabelecidas por esse processo de *"decoupage"* permitem, ao final, a consideração conjunta dos valores modulares e das contribuições na deformabilidade de cada camada e do solo de fundação, os quais tendem a se apresentar, de forma geral, sensivelmente similares, haja vista as interdependências e vinculações das grandezas comportamentais; as

exceções, quando verificadas, estabelecem em princípio um novo segmento homogêneo, mas devem ser objetos de análises específicas.

Com base no exposto, os diagnósticos são processados, por conseguinte, com base *na contemplação das magnitudes individuais e conjuntas das grandezas fundamentais, na avaliação de suas intensidades, na apreciação das compatibilidades estruturais entre camadas sucessivas e no exame das conformidades conjunturais pertinentes ao sistema estratificado em questão*. Nesse propósito, somam-se ainda *as contribuições das camadas e do solo de fundação na deformabilidade experimentada pelo sistema quando carregado exteriormente*, variável que contribui, de forma notável, no estabelecimento da segmentação homogênea.

Finalmente, lavradas as análises comportamentais e processados os diagnósticos estruturais do pavimento por faixa de tráfego, a continuação dos trabalhos demanda o confronto – existência de identidade – entre os estados comportamentais externados por ambas as faixas de tráfego numa mesma transversal; essas avaliações são verificadas primeiramente pela comparação dos limites fronteiriços de ambas as faixas de tráfego, seguidas do cotejamento das magnitudes dos valores modulares e das contribuições das camadas do pavimento e do solo de fundação na deformabilidade do pavimento.

Quando os tráfegos em ambas as faixas são similares – em termos volumétricos e magnitudes das cargas – a precisão cirúrgica verificada entre as fronteiras limítrofes de ambas as faixas de tráfego estabelece *identidades homozigóticas* que permitem afirmar que o pavimento foi constituído por materiais granulares bastante homogêneos, sobreposto a solos de fundação similares e construído com a mesma técnica executiva. Quando constatadas diferenças de carregamento nas faixas de tráfego – *saídas de fábricas de cimento e de mineradoras, estradas de escoamento da safra de grãos, acesso a portos secos, etc.* –, as condições estruturais externadas pelo pavimento podem ser bastante distintas em ambas as faixas de tráfego.

4.2.5.5.Análise Conjunta dos Diagnósticos Funcional e Estrutural – Diagnóstico Final

Conforme exposto, a *Metodologia Paragon* de avaliação de pavimentos se compõe de duas células másteres:

- a *avaliação funcional*, que se propõe a definir os *estados de sanidade* do pavimento e a estabelecer seu *diagnóstico funcional* e
- a *avaliação estrutural*, que se propõe a determinar as características definidoras da estrutura – *número, espessura e valores modulares das camadas constitutivas e do solo de fundação* – e a estabelecer o seu *diagnóstico estrutural*.

As *avaliações funcionais* se fundamentam no inventário da superfície dos pavimentos, no qual se identificam as diferentes manifestações de ruína existentes, contabilizando-as, às quais se somam medições de parâmetros de conformidade geométrica (traduzidos pelas malformações longitudinais e transversais) e de deformabilidade do sistema quando submetido a cargas externas.

O agrupamento dessas características, através de um algoritmo de ordenação numérica, permite definir os estados de sanidade do pavimento, os quais estabelecem, *per se*, o *diagnóstico funcional*, estaca por estaca; definidos os agrupamentos de diagnósticos similares, análises de identidade complementares facultam a definição dos segmentos que externam comportamentos homogêneos.

As *avaliações estruturais* se propõem a definir o sistema pavimento – solo de fundação como "estrutura", proposição que demanda a definição de suas principais grandezas fundamentais: o perfil constitutivo (número e espessura das camadas) e os valores modulares, coeficientes de Poisson e as contribuições na deformabilidade das camadas constitutivas e do solo de fundação, estaca por estaca; análises de identidade, após as devidas interpretações, definem o *diagnóstico estrutural* dos segmentos que externam comportamentos homogêneos.

Em que pese as diferenças dos procedimentos, é de esperar que o espectro comportamental de um pavimento abrigue ambos os diagnósticos sob o mesmo manto, pois a vinculação simbiótica – *vida comum com o outro* – é implícita e deve traduzir harmonia plena entre os diagnósticos de forma a justificar suas coexistências; não há como avaliar uma estrutura por quaisquer que sejam os processos e deles se depreenderem diagnósticos diferentes e/ou antagônicos.

No caso específico dos pavimentos asfálticos, é seguro afirmar que as malformações externadas à superfície decorrem de falhas comportamentais internas experimentadas pelo sistema estratificado composto pelas camadas do pavimento e pelo solo de fundação. De igual forma, pode se afirmar que também a deformabilidade de uma estrutura está umbilicalmente ligada ao comportamento do sistema sob a ação das cargas externas.

Assim considerando, é de suma importância, na fase final, cotejar os *diagnósticos funcional* (estados de sanidade determinados nas avaliações funcionais) e *estrutural* (valores modulares das camadas constitutivas e do solo de fundação e suas respectivas contribuições na deformabilidade do sistema), proposição que se fundamenta na crença da existência de um transtorno de identidade associativa, ou seja, identidade plena.

De igual forma, os diagnósticos devem ainda interagir e se complementarem mutuamente nas definições das patologias, nas análises de suas causas mais prováveis e de seus processos evolutivos e nas definições dos remédios mais apropriados; as qualificações ou deficiências estruturais – vigorosas ou frágeis – respondem pelos estados de sanidade detectados, distribuídos entre a saúde e a perrengues.

Finalmente, cabe alertar que, embora a definição dos comportamentos homogêneos seja traduzida por um conjunto de estacas que externam padrões comportamentais predominantes, não raras vezes se constata a intromissão de valores não condizentes – representados por pequenos "segmentos" da ordem dos 50 a 100m, normalmente decorrentes de medidas de manutenção efetuadas (remendões ou "panos" de reparações localizadas) ou de problemas de drenagem específicos (cortes em rocha com drenos colmatados) –, os quais não devem entretanto comprometer a tendência esmagadora exteriorizada por determinado estado de sanidade.

4.2.6. AVALIAÇÃO E DIAGNÓSTICO DO PAVIMENTO E CONCEPÇÃO DAS SOLUÇÕES DE RESTAURAÇÃO ATRAVÉS DA METODOLOGIA PARAGON

O princípio basilar da metodologia Paragon alicerça-se na crença de que o diagnóstico de um pavimento não pode se fundamentar na definição de um parâmetro único, determinado a partir do tratamento conjunto e miscigenado de diferentes manifestações de ruína, de distintas naturezas, gravidades, estágios evolutivos e percentuais de ocorrência. Assim, na busca de uma solução deste questionamento, a alternativa desenvolvida consistiu em se contemplar, de forma particularizada, as distintas ***famílias comportamentais*** – definidas em termos de suas naturezas e gêneses – que caracterizam um pavimento rodoviário, às quais se julgou importante associar as ***condições de deformabilidade*** do sistema quando solicitado pelas cargas do tráfego usuário.

Deste modo, a metodologia Paragon promove a ***avaliação funcional*** de pavimentos rodoviários tendo em conta de forma individualizada as características de *degradação superficial* (fissuras, panelas, remendos, desgaste, migrações *per ascensum*, escorregamentos de massa, etc.) e de *deformação permanente* (irregularidades longitudinal e transversal, afundamentos plásticos laterais ou por consolidação, estufamentos, assentamentos diferenciais e/ou rupturas de maciços terrosos, etc.), associadas às características de *deformabilidade elástica* (deflexão reversível máxima) experimentada pelos pavimentos quando solicitados exteriormente. A fundamentação dessa metodologia se alicerça, portanto, na tese de que uma análise espectral conjunta das distintas famílias permite definir, de modo consistente e abrangente, o nível de "sanidade" – ***diagnóstico funcional*** – externado por um pavimento rodoviário.

Paralelamente contudo à avaliação funcional, a metodologia preconiza a realização complementar de uma ***avaliação estrutural*** do sistema estratificado, a qual deve permitir a definição do ***diagnóstico estrutural*** do conjunto pavimento - solo de fundação, a ser estabelecido a partir do conhecimento dos parâmetros que verdadeiramente caracterizam uma estrutura: o número e a espessura das camadas constitutivas do pavimento existente e as grandezas fundamentais que caracterizam seus materiais constituintes e o solo de fundação (módulos de rigidez/resiliência, coeficientes de Poisson; somam-se ainda no estabelecimento do diagnóstico estrutural as características físicas, a plasticidade, a expansibilidade, a capacidade de suporte e o comportamento mecânico).

4.2.6.2.Levantamento Histórico do Pavimento

A GO-330 é uma rodovia estadual no estado de Goiás que conecta as cidades de Ipameri, Urutaí e Goiânia, desempenhando um papel importante no desenvolvimento econômico e social da região. Implantada pela GOINFRA nos anos 80, a pavimentação inicial abrangeu o trecho entre Santa Rosa de Goiás e Ouro Verde de Goiás. Já o trecho entre Ipameri e Urutaí foi pavimentado na década de 1990, sendo posteriormente incluído em um programa de manutenção de rodovias estaduais promovido pelo governo de Goiás.

4.2.6.3.Avaliação das Características Funcionais dos Pavimentos

Tendo em conta as preconizações estabelecidas pela metodologia Paragon, aplicaram-se os procedimentos necessários para se definir os índices caracterizadores das condições representativas de cada família considerada (degradação superficial, deformação permanente e deformabilidade elástica); seguidamente, com base nos resultados obtidos, foram analisados e avaliados seus inter-relacionamentos considerando suas magnitudes, graus de importância e prioridades, particularidades que permitiram definir os ***diagnósticos*** tradutores dos estados de sanidade externados pelo pavimento, requisito maior para se poder ***conceber*** as intervenções corretivas realmente requeridas.

Para a consecução dessa exigência, fez-se necessário promover primeiramente a identificação e o tratamento de todas as manifestações de ruína externadas pelo pavimento – degradações superficiais e deformações permanentes – sempre processado por faixa de tráfego, no âmbito do universo delimitado por cada estaca; as manifestações de ruina ocorrentes e suas repetições foram identificadas e quantificadas a partir de "***varreduras métricas***".

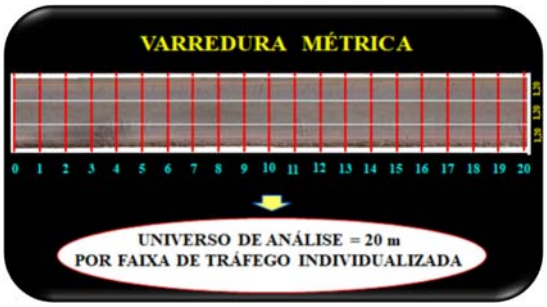


Figura 104 – "Varredura métrica" das degradações superficiais e deformações permanentes (por estaca e por faixa de tráfego)

4.2.6.3.1. Levantamentos Efetuados

Com base no exposto, foram realizados os seguintes levantamentos para avaliação das características do pavimento:

- **Filmagem digital com vídeo-registro da superfície do pavimento**

A filmagem em contínuo do pavimento foi processada ao longo de cada faixa de tráfego empregando o equipamento denominado ***Ortogonal Pavement Scanner*** – anteriormente apresentado – o qual processa a filmagem ortogonal da superfície do pavimento por meio de câmera filmadora digital de altíssima resolução - do tipo Full HD (1920x1080 pixels). Toda a filmagem é processada em uma mesma base de referência bidimensional, determinada pelo trabalho conjugado de um ***encoder ótico*** para registro das distâncias percorridas com um ***GPS – Global Positioning System*** de última geração, operando em dupla frequência L1/L2 (L1 utiliza comprimentos de onda com 19 cm e L2 comprimentos de onda com 24 cm); o resultado dessa associação garantiu a perfeita disposição sequencial ao longo do trecho e o sistema de gravação (vídeo-registro/encoder) permitiu a identificação, a localização e caracterização de todas as manifestações ocorrentes no pavimento.

- **Levantamento visual contínuo do estado da superfície (LVC)**

O levantamento de todas as manifestações de ruína externadas pelo pavimento existente foi realizado através da análise das filmagens digitais contínuas, as quais permitiram detectar,

identificar a natureza, avaliar a gravidade e definir a área comprometida de cada defeito detectado, tarefa facilitada sobremaneira pelo software de visualização que permite "percorrer" a estrada (comandos de ida e volta) – no escritório – tantas vezes quantas necessárias e aplicar "zoom" nas manifestações de mais difícil detecção. As filmagens realizadas ao longo de cada uma das faixas de tráfego permitiram, por conseguinte, a quantificação das diferentes manifestações de ruína através de um **processo de varredura métrica** – metro a metro – devidamente referenciado a um sistema de coordenadas XY (sistema ortogonal).

- **Levantamento da Irregularidade Longitudinal (IRI)**

Para a medição da irregularidade longitudinal, empregou-se o equipamento ***Five Laser Profile System***, perfilógrafo dotado de 5 (cinco) sensores a laser (anteriormente apresentado) - enquadrado na classificação do *HPMS Field Manual* como **Classe II** (sem contato) – capaz de promover a medição, *em contínuo*, nas duas trilhas de roda, do ***International Roughness Index (IRI)***, parâmetro tradutor das características de conformação geométrica longitudinal da pista.

- **Levantamento da Irregularidade Transversal ($F_{máx.}$ e Perfil Transversal)**

Para a medição das ***flechas nas trilhas de roda ($F_{máx.}$)***, empregou-se um ***Transverso - perfilógrafo a laser*** – Classe II (sem contato) – equipamento já apresentado anteriormente, que processa a filmagem digital de um feixe de raio laser projetado no pavimento que revela o perfil transversal integral, em contínuo, externado pelo pavimento, permitindo ainda a identificação da natureza das deformações permanentes constatadas (se plásticas ou por consolidação)

- **Levantamento das Deflexões Reversíveis Máximas (D_0)**

O levantamento das deflexões reversíveis máximas do pavimento existente foi processado por meio do equipamento ***Falling Weight Deflectometer – FWD*** (Especificação DNER-PRO 273/96) aplicando uma carga dinâmica (energia potencial gravitacional) de 4.100 kgf – tempo de aplicação da ordem dos 2 centésimos de segundo – distribuída numa placa de diâmetro ∅ = 30,5cm, condição que proporcionou uma pressão de contato σ_c = 5,6 kgf/cm^2; o posicionamento dos geofones foi determinado de acordo com as distâncias do centro de aplicação especificadas.

4.2.6.3.2. Tratamento e Integração dos Dados e Resultados Obtidos

A caracterização funcional do pavimento foi lavrada contemplando toda a sorte de defeitos – identificação, classificação, quantificação e repartição percentual –, estaca por estaca ("varredura métrica"), precedida entretanto de uma análise patológica das principais manifestações de ruina detectadas, procedimento coadjuvante, de importância superior na concepção das melhores soluções de restauração. Concluindo, na caracterização dos defeitos, julgou-se também importante delimitar suas áreas comprometidas, procedimento necessário à definição e quantificação das recuperações localizadas a serem efetuadas.

Com essa visão espectral, a caracterização funcional do pavimento no caso presente foi procedida contemplando três etapas distintas, a saber:

- Análise Patológica das Principais Manifestações de Ruína do Pavimento e Interpretação de Parâmetros de Comportamento Correlatos;
- Levantamento Visual Contínuo (LVC) - Linear de Defeitos, Percentuais de Ocorrência e Códigos Genéticos, e
- Levantamento Específico das Áreas Degradadas - LEAD

a) **Análise Patológica das Principais Manifestações de Ruína do Pavimento e Correlações com a Deformabilidade do Pavimento**

A análise patológica das doenças (manifestações de ruina) de um pavimento, que consiste em definir suas naturezas, diagnosticar as causas e estabelecer tratamentos, traz consigo um benefício enorme para se processar um diagnóstico preciso das alterações funcionais e estruturais verificadas.

Assim, embora se promova a identificação, classificação e quantificação dos defeitos – procedimentos usuais nas metodologias de avaliação – julga-se importantíssimo analisar também suas gêneses, causas mais prováveis e processos evolutivos, minudências que auxiliam sobremaneira na concepção de soluções de restauração ideais. Dessa forma, com os objetivos retrocitados, complementados com o propósito de não incorrer em falhas similares àquelas detectadas no pavimento original, julgou-se pertinente discorrer sobre as patologias (pathos = doença e logos = estudo) das principais manifestações de ruína detectadas no pavimento, responsáveis pelos evoluídos estados de sanidade detectados.

- *Cisalhamento da camada de base*: Defeito sempre acompanhado de fissuração intensa, ocorre em praticamente todo o trecho, se manifestando nas áreas delimitadas pelas trilhas de roda através de contornos quase retilíneos e contínuos – "fronteiras longitudinais" bem definidas – e se materializando por meio da redução volumétrica da camada de base, a qual sucumbe ante a sobrecompactação exercida pelas cargas do tráfego. Sob tais condições, o revestimento asfáltico existente experimenta duas condições de solicitação extremamente nefastas, decorrentes de sua submissão à regimes de trabalho em tração forçada:

  - ✓ a primeira advinda do fato de a diminuição de volume experimentada pela camada de base "descalçar" a camada de revestimento, estabelecendo uma condição de solicitação que responde pela potencialização do fenômeno da fadiga, decorrente da instalação de tensões horizontais de tração de maior magnitude, impostas pelas cargas do tráfego, e

  - ✓ a segunda, decorrente do fato de o revestimento, plenamente aderido à camada de base granular, passa a ser obrigado a "acompanhar" os afundamentos sofridos pela camada de base, se submetendo à um regime de trabalho em tração horizontal transversal de enorme magnitude, que potencializa sobremaneira o processo de fissuração.
- *Fissuras:* As fissuras observadas no presente trecho são predominantemente causadas pelo fenômeno de fadiga, que ocorre devido à repetição cíclica das solicitações de tráfego ao longo do tempo. Esse tipo de defeito está diretamente relacionado à capacidade estrutural do pavimento e à resistência das camadas asfálticas. No trecho analisado, as trincas por fadiga são frequentes e evoluem para um padrão de fissuras interligadas, comprometendo a integridade do pavimento ao permitir a infiltração de água. Quando associadas a outros defeitos, como bombeamento de água com finos, aceleram a deterioração e podem exigir soluções corretivas severas, como reciclagem da camada asfáltica ou reconstrução do trecho.

- *Bombeamento de água com finos:* Surgentes com predominância no trincamento por fadiga do revestimento asfáltico, são extremamente agressivos e precoces, evolutivos a cada estação chuvosa. As águas pluviais penetradas, quando estancadas pelas camadas asfálticas inferiores – por vezes também pela camada de base imprimada –, são

submetidas a esforços de compressão vertical exercidos pelas cargas dos veículos carregados.

Sob compressão, as águas retidas – fluido incompressível e que não acumula energia – repassam, de forma integral, os esforços recebidos ao meio circundante (entornos subjacentes e laterais) através de jatos hidrodinâmicos, de magnitudes notáveis, os quais respondem primeiramente pelo "striping" – desnudamento total – dos agregados e, em seguida, pela geração finos, fruto da moagem de suas arestas e do roçamento de suas paredes impostos pelas das cargas do tráfego.

Esse material finamente pulverizado, miscigenado com as águas retidas, passa a se submeter aos mesmos esforços de compressão vertical que geram os jatos hidrodinâmicos, os quais respondem, consequentemente, pelo bombeamento da "água suja" para fora do pavimento, processo que carreia consigo a fração de finos sólidos.

Assim se processa o denominado "bombeamento de água com finos", materializado pela decantação da fração sólida, dotada de elevado peso específico, ao atingir a superfície: os finos sedimentam nas bordas das fissuras, tornando-as "rendadas"; em casos de bombeamentos intensos – tráfegos fortes e chuvas intensas – os finos são carreados até os bordos da pista, muitas vezes trespassando até mesmo os acostamentos.

A destacar no caso presente, a constatação de que os finos detectados na superfície dos pavimentos analisados são originários das camadas de base, evidenciando o comprometimento estrutural dessa camada. Esse fenômeno ocorre devido à moagem das arestas e à roçagem dos agregados pétreos, que, após serem expostos pelos jatos hidrodinâmicos, perdem sua integridade. Além disso, a predominância das "rendagens" vermelhas reforça a indicação de degradação da base, sugerindo fragilidade no material e possível necessidade de intervenção para restaurar sua capacidade de suporte.

- *Remendos existentes:* Presentes em grande número ao longo do trecho analisado, os remendos são medidas paliativas aplicadas para tratar a alta frequência de defeitos no pavimento. Destacam-se entre essas patologias as panelas, um tipo de dano particularmente crítico, que expõe a camada de base do pavimento e exige correções imediatas. Além disso, o desgaste superficial, agravado pela contínua solicitação de veículos, e as fissuras – que, em estágios mais avançados, podem comprometer seriamente o revestimento – também motivam a aplicação de remendos. Assim, os remendos são comumente executados para remediar esses problemas e tentar manter a funcionalidade da via, ainda que de forma temporária.

- *Irregularidade longitudinal:* Avaliada através de valores médios de IRI, permite aferir os graus de conforto, segurança e economia ofertados aos usuários da via. No trecho analisado, aproximadamente 50% dos segmentos apresentaram conceitos "ruim" ou "péssimo", com valores de irregularidade superiores a 3,5 m/km, indicando condições desfavoráveis de trafegabilidade. Em contrapartida, cerca de 25% do trecho foi classificado como "excelente" ou "bom", com valores de irregularidade iguais ou inferiores a 2,7 m/km. Os dois sentidos da via, apesar de semelhantes, apresentam diferenças entre os conceitos, sendo que o lado esquerdo apresenta piores condições de rolamento se comparado ao lado direito.

Procedida essa análise patológica das enfermidades externadas pelo pavimento, considerou-se pertinente uma análise adicional das condições de deformabilidade experimentadas pelo

pavimento quando carregado exteriormente, particularidade que normalmente se vincula aos processos de surgência e agravamentos das manifestações de ruína detectadas, e que contribui, de maneira notável para a explicação de várias patologias detectadas.

- *Deflexões recuperáveis*: As deflexões recuperáveis foram obtidas por meio de levantamento com o FWD – "Falling Weight Deflectometer", e corroboradas por valores obtidos através de levantamento deflectométrico com Viga Benkelman. No trecho em estudo, os valores de deflexão apresentam uma média da ordem de 60 x 10^{-2}mm.

  Da análise da rodovia em estudo julga-se poder deduzir que o cisalhamento verificado na camada de base decorreu, seguramente, de deficiências executivas, vinculadas à compactações deficientes, posteriormente supridas pela sobrecompactação exercida pelo tráfego pesado durante sua prestação de serviços; a fragilidade da camada de base fica naturalmente descartada, assertiva que será melhor ajuizada a partir da análise dos resultados de caracterização laboratorial realizados com os materiais granulares e os solos de fundação coletados.

  Assim, nesse processo de redução volumétrica verificado na banda delimitada pelas trilhas de roda, de pequena monta e caracterizado pela movimentação diferencial vertical das partículas – propriedade que distingue o fenômeno de cisalhamento – e resistindo suficientemente bem a carregamento externo - comporta deflexões reversíveis bastante reduzidas -, julga-se que a camada de base existente atingiu o grau de consolidação final, apresentando, por conseguinte, elevada capacidade de carga e mostrando-se apta a continuar integrando a estrutura do pavimento a ser restaurado.

b) **Levantamento Visual Contínuo (LVC) - Linear de Defeitos, Percentuais de Ocorrência e Códigos Genéticos**

O levantamento das manifestações de ruína externadas pelo pavimento foi realizado por faixa de tráfego, em áreas pertinentes a cada estaca (20 m x 3,5m), através da análise específica das filmagens do vídeo-registro. As filmagens, realizadas de forma contínua, facultaram levantamentos das ocorrências através de um **processo de varredura métrica** – metro a metro – devidamente referenciado a um sistema de coordenadas XY (sistema ortogonal), procedimento que consentiu os ordenamentos estaca por estaca; os resultados obtidos, apresentados em termos de percentuais de ocorrência métrica de cada defeito em intervalos fixos de 20 m, relacionados em tabelas confeccionadas nos moldes do modelo apresentado a seguir, são apresentados como anexos ao ***Projeto de Pavimentação***.

..strata..

DADOS DE LEVANTAMENTO

RODOVIA: GO-330 **EXTENSÃO TRECHO:** 40,00 km

TRECHO: ENTR. GO-020 (PRÓX. RONCADOR) / IPAMERI **PISTA:** SIMPLES / ESQUERDO

ESTACA	KM	TTC	TLC	TTL	TLL	F2	F3	BAF	RP	RE	EX	D	DEG	SEG	PL	P	ALP	ALC	ATP	ATC	RL	EL	O	C	EST	AR
0	0,000					13	25									6				25						
1	0,020		25			6																				
2	0,040																									
3	0,060																									
4	0,080																									
5	0,100		25																							
6	0,120					50	100							6						50						
7	0,140					13	100								6					100						
8	0,160					6	25													13						
9	0,180		25			6																				
10	0,200																									
11	0,220																									
12	0,240																									
13	0,260		6						6																	
14	0,280		25	6	25		25																			
15	0,300		6				100													50						
16	0,320		25				100													100						
17	0,340		25			50	100													25						
18	0,360						100													100						
19	0,380	6	25			13	50																			
20	0,400																									
21	0,420					50																				
22	0,440					100	50			6										50						
23	0,460					25	100													100						
24	0,480					50	100		50											25						
25	0,500																									
26	0,520	6	13			25																				
27	0,540																									
28	0,560					13		13																		
29	0,580					50	25																			
30	0,600					50														25						

Em uma estaca (20 metros), detectou-se a presença de Fissura F3 em 10 metros, ou seja, em 50% da estaca.

Figura 105 – Modelo do Levantamento Visual Contínuo – LVC processado estaca por estaca.

De forma a se proporcionar uma melhor apreciação das ocorrências e de suas respectivas intensidades, concebeu-se também um modelo de representação gráfica – sinóptico linear – no qual se pôde representar todas as manifestações de ruína detectadas, indicando-as consoante suas frequências relativas, dispostas em termos percentuais na escala vertical (traço completo, 100%; traços incompletos, correspondentes aos percentuais de ocorrência); os resultados obtidos, por faixa de tráfego, estaca por estaca, são ilustrados a seguir:

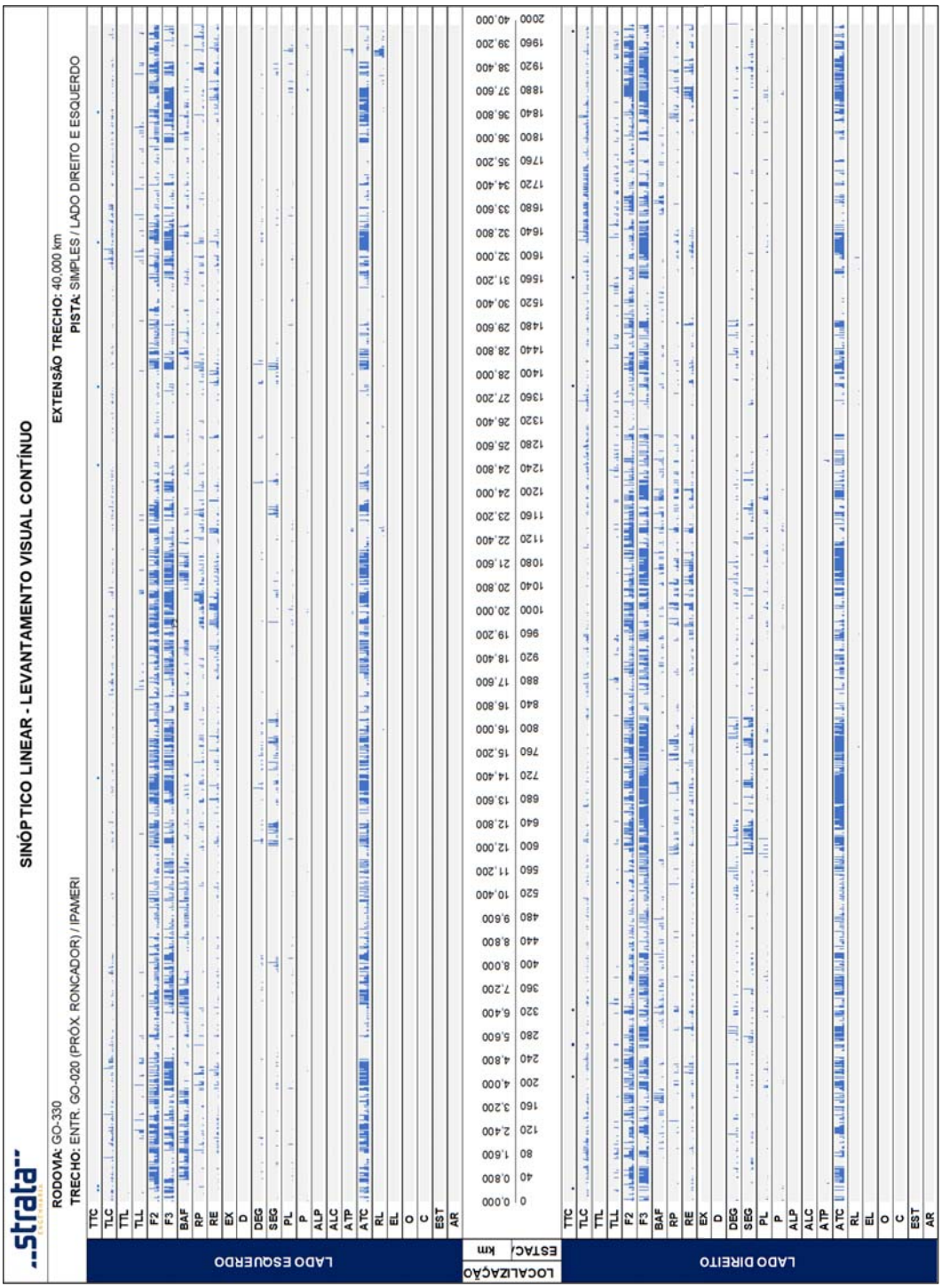


Figura 106 – Levantamento Visual Contínuo – LVC - Linear do contemplando os defeitos e os respectivos percentuais de ocorrência, processado por faixa de tráfego, estaca por estaca.

Lavrada a fase de análise dos dados obtidos nos levantamentos, promoveu-se seguidamente o cálculo dos índices caracterizadores das condições comportamentais com o objetivo de definir os estados de sanidade exibidos pelo pavimento; a conjugação dos códigos genéticos e suas contemplações no algoritmo de ordenação numérica, permitiram a definição do ***diagnóstico funcional*** do pavimento, por faixa de tráfego, estaca por estaca.

Os resultados obtidos foram também anotados e contabilizados em tabelas apropriadas – apresentadas como anexos ao ***Projeto de Pavimentação*** – nas quais são exibidas as patologias constatadas, expressas em termos de percentagens de ocorrência por estaca, concomitantemente com os valores caracterizadores dos principais parâmetros de comportamento (IGG, D_0, IRI, $F_{máx,}$) e o Código Genético do Diagnóstico exibido pelo pavimento, por estaca; um modelo ilustrativo da tabela-padrão é apresentado a seguir:

..strata

DADOS DO LEVANTAMENTO

RODOVIA: GO-330 **EXTENSÃO:** 40 km

TRECHO: ENTR. GO-020 (PRÓX. RONCADOR) / IPAMERI **PISTA / LADO:** PISTA SIMPLES / LADO ESQUERDO

EST	KM	TTC	TLC	TTL	TLL	F2	F3	BAF	RP	RE	EX	D	DEG	SEG	PL	P	ALP	ALC	ATP	ATC	RL	EL	O	C	EST	AR	Grupo 0	Grupo 1	IGG	VSA	D0	IRI	FL	Grupo	Solução
0	0,000					13	25									6				25									47	3	43	4	1	323	RPS + REF
1	0,020		25			6																							6	5	43	2	1	553	OK
2	0,040																												3	5	45	2	2	543	OK
3	0,060																												2	5	45	2	2	553	OK
4	0,080																												1	5	43	2	1	543	OK
5	0,100		25																										7	5	43	2	2	543	OK
6	0,120					50	100							6						50									111	2	43	3	1	243	RPS + REF
7	0,140					13	100								6					100								167	1	43	3	1	243	RPS + REF
8	0,160					6	25													13									29	4	39	4	1	424	RPS
9	0,180		25			6																							6	5	39	2	1	544	OK
10	0,200																												2	5	80	2	1	542	CA
11	0,220																												2	5	80	2	1	552	CA
12	0,240																												2	5	75	1	1	553	OK
13	0,260		6						6																				6	5	75	2	1	553	OK
14	0,280		25	6	25		25																						36	3	51	3	1	343	RL + REF
15	0,300		6				100													50									113	1	51	3	2	243	RPS + REF
16	0,320		25				100													100									166	1	69	4	1	223	RPS + REF
17	0,340		25			50	100													25									95	2	69	6	4	223	RPS + REF
18	0,360						100													100									165	1	77	4	4	223	RPS + REF
19	0,380	6	25			13	50																						39	3	77	3	3	343	RL + REF
20	0,400																												2	5	42	2	2	543	OK
21	0,420					50																							2	5	42	4	1	433	RL + REF
22	0,440					100	50			6										50									83	2	51	3	1	233	RPS + REF
23	0,460					25	100													100									161	1	51	2	0	243	RPS + REF
24	0,480					50	100		50											25									110	2	54	2	0	243	RPS + REF
25	0,500																												3	5	54	2	2	553	OK
26	0,520	6	13			25																							4	5	36	2	1	454	RL
27	0,540																												1	5	36	3	1	544	OK
28	0,560					13		13																					11	4	81	2	3	112	REC
29	0,580					50	25																						18	4	81	2	2	342	RL + REF
30	0,600					50														25									27	4	99	3	2	442	CA

Figura 107 – Modelo do Levantamento Visual Contínuo – LVC, Parâmetros de Comportamento e Diagnóstico (Por faixa de tráfego, estaca por estaca)

Ato contínuo à apresentação dos resultados em lineares e tabelas, julgou-se que uma avaliação individualizada dos *Códigos Genéticos do Pavimento (ICDS, ICDP e ICDE)* calculados poderia ser melhor apreciada através de representações gráficas de suas variações ao longo de todo o trecho; tal proposição adveio da consideração de que análises de desenvolvimento dos códigos genéticos poderiam fornecer informações importantes para a tomada de decisões e ações corretivas, permitindo inclusive a revisão das estratégias de definição das soluções conceptivas.

Complementarmente, com o objetivo de suavizar as flutuações aleatórias e destacar as tendências ou padrões dos índices comportamentais, ajuizou-se ser bastante interessante aplicar, concomitantemente, o critério da média móvel simples, ferramenta analítica que representa a média de um conjunto de valores em intervalos específicos, atualizada com a adição de novos dados (no caso 4 estacas) após remoção dos dados mais antigos; os resultados obtidos – variações lineares e média móveis – são apresentados a seguir em lineares gráficos.

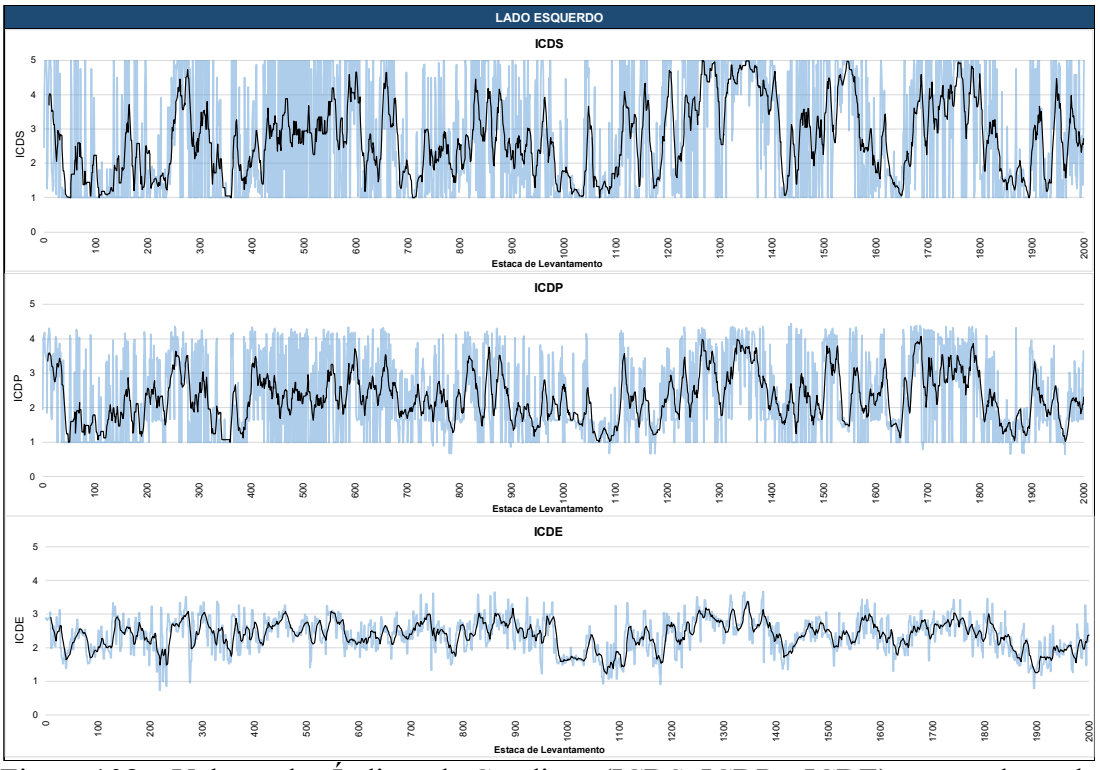


Figura 108 – Valores dos Índices de Condição (ICDS, ICDP e ICDE) externados pelo pavimento (por faixa de tráfego, estaca por estaca) e valores correspondentes das respectivas médias móveis (Lado esquerdo)

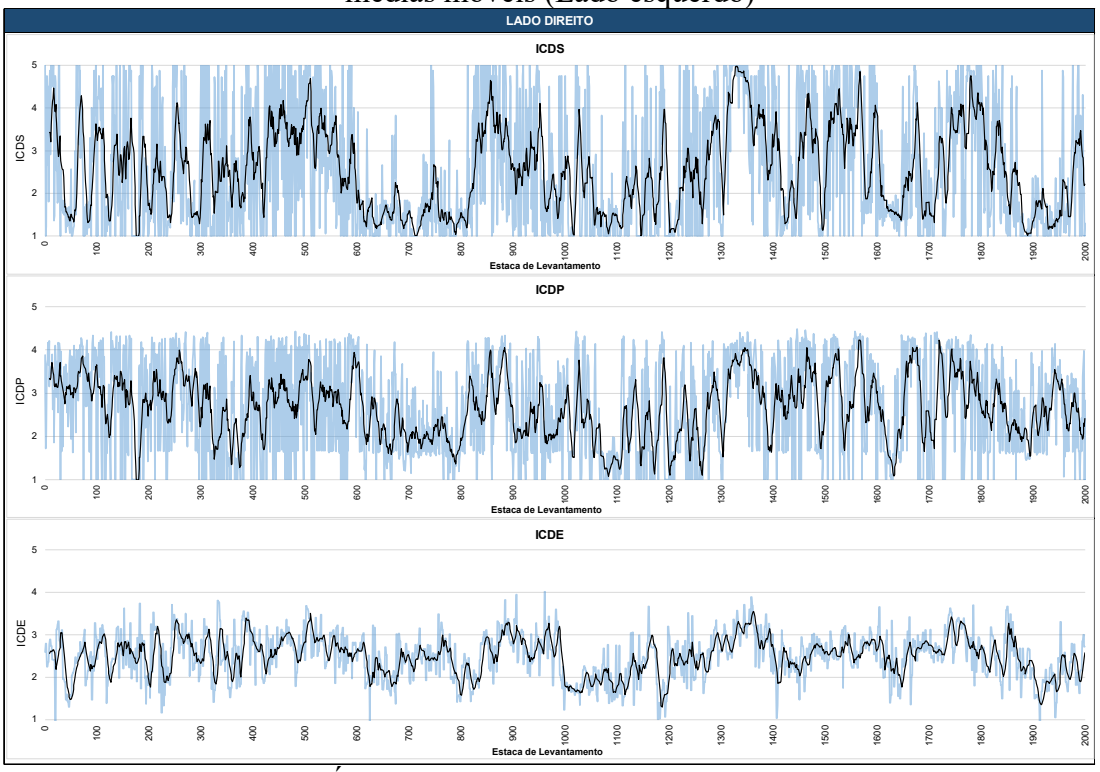


Figura 109 – Valores dos Índices de Condição (ICDS, ICDP e ICDE) externados pelo pavimento (por faixa de tráfego, estaca por estaca) e valores correspondentes das respectivas médias móveis (Lado direito)

Aprofundando a avaliação da população definida, foi realizado o tratamento estatístico dos índices que refletem as condições operacionais da rodovia, especificamente os índices de degradação superficial (ICDS) e de deformação permanente (ICDP). Os resultados indicaram

condições de circulação desfavoráveis, visto que aproximadamente 60% do trecho apresenta estado de sanidade classificado como “Péssimo”, “Ruim” ou “Regular”. Além disso, o Índice de Condição de Deformações Permanentes revelou que cerca de 65% do segmento se enquadra nessas mesmas categorias, evidenciando a necessidade de intervenções estruturais.

Esses dados analisados isoladamente, podem falsear o real estado da rodovia em questão, e por isso, o índice da condição de deformabilidade elástica foi também calculado e tem papel fundamental na análise das reais condições da via, o qual evidenciou uma tendência aos estados “Mal” e “Regular”, caracterizado por deflexões elevadas, com uma similaridade notável entre ambas as faixas de tráfego avaliadas. Os resultados obtidos são apresentados a seguir:

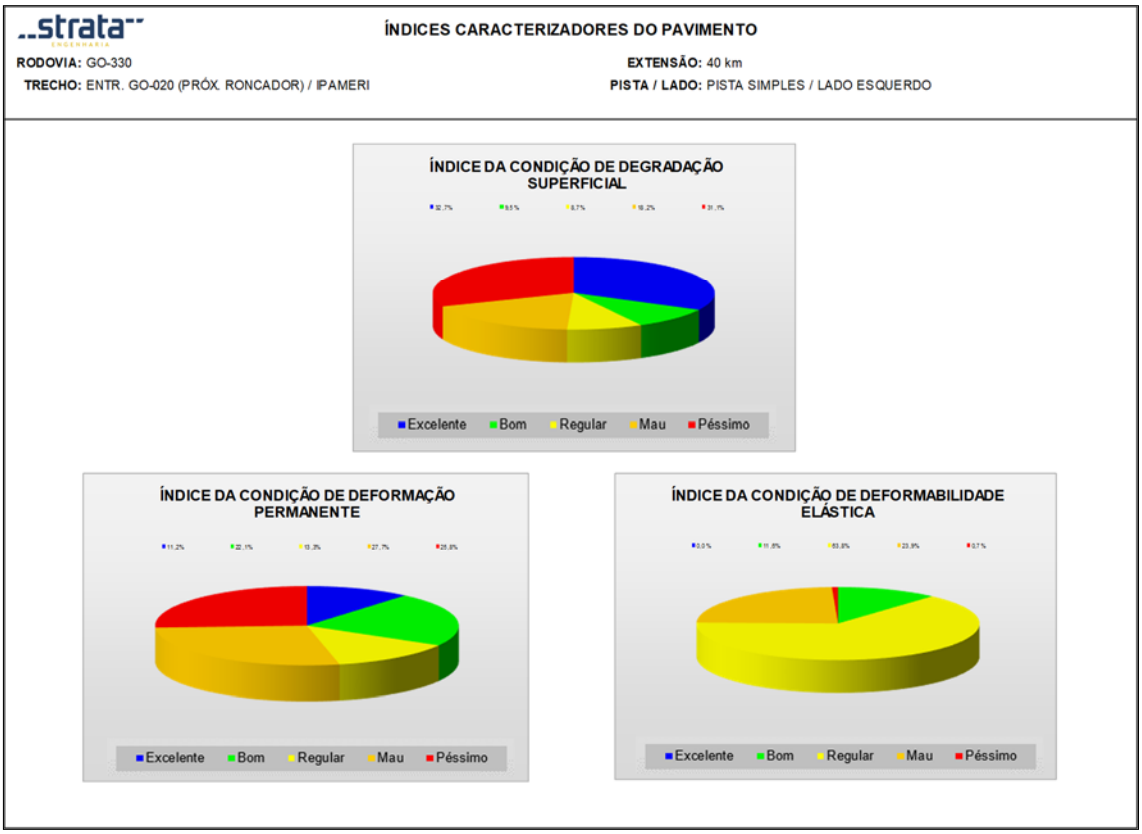


Figura 110 - Índices Caracterizadores do Pavimento (Metodologia Paragon) Lado Esquerdo

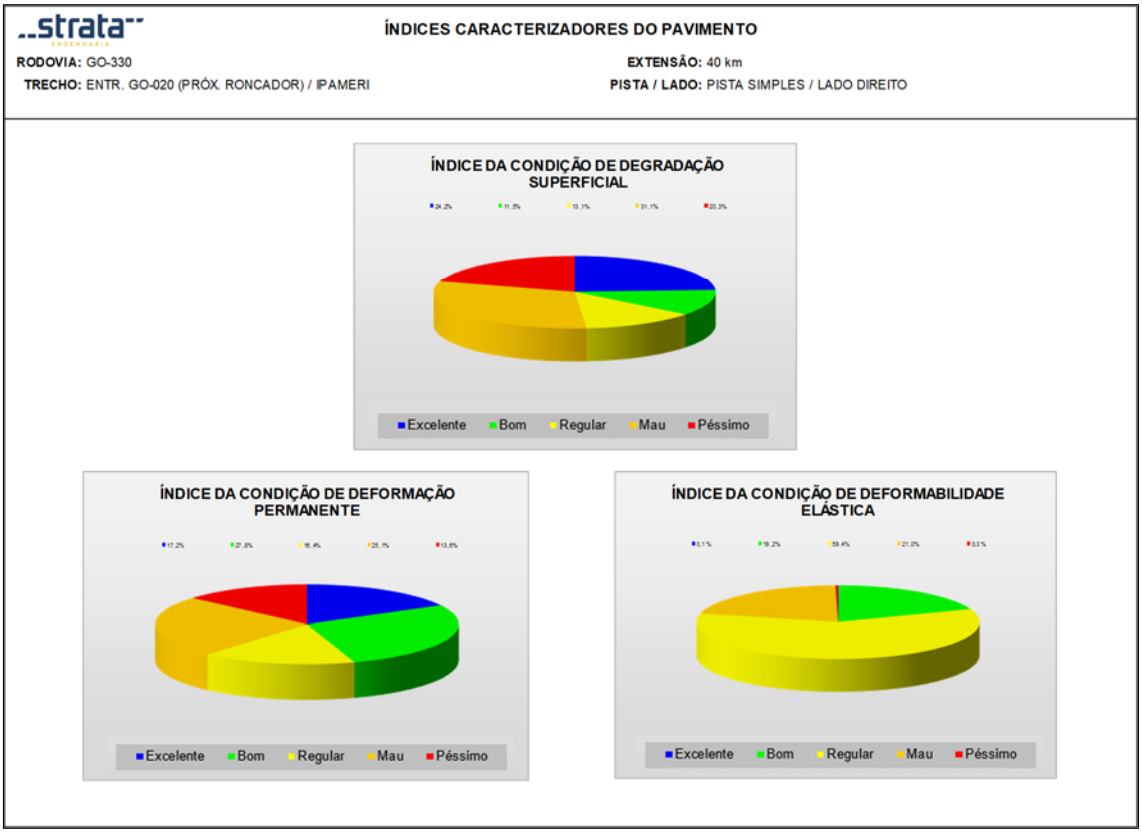


Figura 111 - Índices Caracterizadores do Pavimento (Metodologia Paragon) Lado Direito

É sempre válido verificar possíveis tendências de agrupamento dos estados de sanidade, pois elas podem refletir as diferentes épocas de execução das intervenções de manutenção realizadas e suas respectivas eficácias. Os índices registrados com maior frequência foram: **553, 543, 223, 112 e 113**. Observa-se uma coerência entre os índices: quando a condição superficial do pavimento se apresenta adequada, os índices de deformação permanente e deformabilidade elástica também demonstram boas condições. Por outro lado, os índices que apresentaram maior porcentagem de ocorrência foram aqueles indicativos de condições péssimas do pavimento, especificamente os índices **112 e 113**.

A constituição do pavimento apresentou características bastante homogêneas ao longo do trecho, tanto nas camadas granulares quanto nas camadas de revestimento asfáltico, que, neste caso, é constituído por CBUQ. Esse aspecto promove a paridade entre os índices observados. Assim, o algoritmo genético indicado pela Metodologia Paragon reflete essas particularidades da via, resultando em valores semelhantes para as condições superficiais, condições de deformação permanente e condições de deformabilidade elástica. Os resultados obtidos são ilustrados a seguir.

..strata..

RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS

RODOVIA: GO-330 **EXTENSÃO:** 40 km

TRECHO: ENTR. GO-020 (PRÓX. RONCADOR) / IPAMERI **PISTA / LADO:** PISTA SIMPLES / LADO ESQUERDO

ÍNDICES CARACTERIZADORES DO PAVIMENTO	EXTENSÃO (km)	PERCENTUAL DA EXTENSÃO TOTAL (%)	NÚMERO DE OCORRÊNCIAS	PERCENTUAL DO NÚMERO TOTAL (%)	ÍNDICES CARACTERIZADORES DO PAVIMENTO	EXTENSÃO (km)	PERCENTUAL DA EXTENSÃO TOTAL (%)	NÚMERO DE OCORRÊNCIAS	PERCENTUAL DO NÚMERO TOTAL (%)
554	0,580	1,45	29	1,45	333	0,520	1,30	26	1,30
553	2,740	6,85	137	6,85	332	0,260	0,65	13	0,65
552	0,260	0,65	13	0,65	324	0,160	0,40	8	0,40
544	1,100	2,75	55	2,75	323	0,940	2,35	47	2,35
543	3,880	9,70	194	9,70	322	0,380	0,95	19	0,95
542	0,500	1,25	25	1,25	313	0,040	0,10	2	0,10
534	0,340	0,85	17	0,85	253	0,020	0,05	1	0,05
533	1,520	3,80	76	3,80	252	0,040	0,10	2	0,10
532	0,420	1,05	21	1,05	244	0,100	0,25	5	0,25
524	0,080	0,20	4	0,20	243	0,700	1,75	35	1,75
523	1,260	3,15	63	3,15	242	0,400	1,00	20	1,00
522	0,380	0,95	19	0,95	234	0,120	0,30	6	0,30
454	0,100	0,25	5	0,25	233	0,700	1,75	35	1,75
453	0,460	1,15	23	1,15	232	0,340	0,85	17	0,85
452	0,100	0,25	5	0,25	231	0,020	0,05	1	0,05
444	0,120	0,30	6	0,30	224	0,240	0,60	12	0,60
443	0,820	2,05	41	2,05	223	2,540	6,35	127	6,35
442	0,160	0,40	8	0,40	222	1,760	4,40	88	4,40
441	0,020	0,05	1	0,05	221	0,080	0,20	4	0,20
434	0,080	0,20	4	0,20	213	0,120	0,30	6	0,30
433	0,400	1,00	20	1,00	212	0,100	0,25	5	0,25
432	0,100	0,25	5	0,25	144	0,020	0,05	1	0,05
431	0,020	0,05	1	0,05	143	0,040	0,10	2	0,10
424	0,100	0,25	5	0,25	142	0,080	0,20	4	0,20
423	0,820	2,05	41	2,05	134	0,040	0,10	2	0,10
422	0,440	1,10	22	1,10	133	0,200	0,50	10	0,50
421	0,040	0,10	2	0,10	132	0,140	0,35	7	0,35
353	0,160	0,40	8	0,40	124	0,080	0,20	4	0,20
352	0,020	0,05	1	0,05	123	0,840	2,10	42	2,10
344	0,140	0,35	7	0,35	122	0,900	2,25	45	2,25
343	0,560	1,40	28	1,40	121	0,020	0,05	1	0,05
342	0,180	0,45	9	0,45	114	1,160	2,90	58	2,90
341	0,020	0,05	1	0,05	113	6,240	15,60	312	15,60
334	0,080	0,20	4	0,20	**112**	2,600	6,50	130	6,50

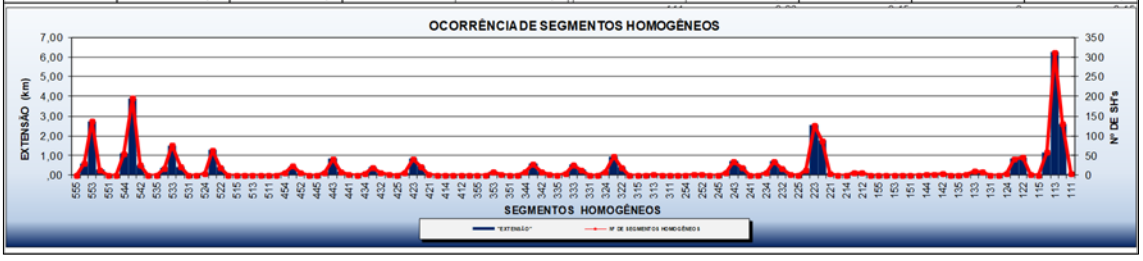
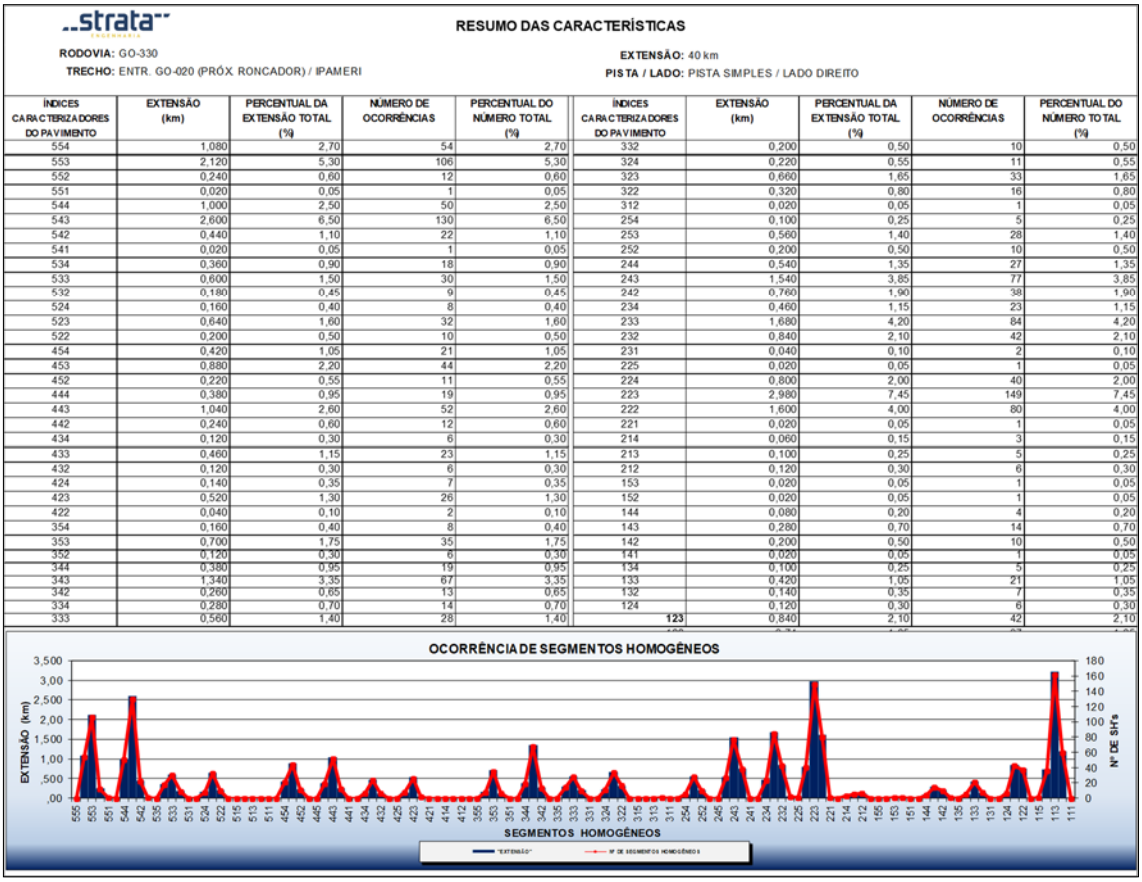


Figura 112 - Resumo das Características do Diagnóstico (Metodologia Paragon) – Lado Esquerdo



RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS

RODOVIA: GO-330
TRECHO: ENTR. GO-020 (PRÓX. RONCADOR) / IPAMERI
EXTENSÃO: 40 km
PISTA / LADO: PISTA SIMPLES / LADO DIREITO

ÍNDICES CARACTERIZADORES DO PAVIMENTO	EXTENSÃO (km)	PERCENTUAL DA EXTENSÃO TOTAL (%)	NÚMERO DE OCORRÊNCIAS	PERCENTUAL DO NÚMERO TOTAL (%)	ÍNDICES CARACTERIZADORES DO PAVIMENTO	EXTENSÃO (km)	PERCENTUAL DA EXTENSÃO TOTAL (%)	NÚMERO DE OCORRÊNCIAS	PERCENTUAL DO NÚMERO TOTAL (%)
554	1,080	2,70	54	2,70	332	0,200	0,50	10	0,50
553	2,120	5,30	106	5,30	324	0,220	0,55	11	0,55
552	0,240	0,60	12	0,60	323	0,660	1,65	33	1,65
551	0,020	0,05	1	0,05	322	0,320	0,80	16	0,80
544	1,000	2,50	50	2,50	312	0,020	0,05	1	0,05
543	2,600	6,50	130	6,50	254	0,100	0,25	5	0,25
542	0,440	1,10	22	1,10	253	0,560	1,40	28	1,40
541	0,020	0,05	1	0,05	252	0,200	0,50	10	0,50
534	0,360	0,90	18	0,90	244	0,540	1,35	27	1,35
533	0,600	1,50	30	1,50	243	1,540	3,85	77	3,85
532	0,180	0,45	9	0,45	242	0,760	1,90	38	1,90
524	0,160	0,40	8	0,40	234	0,460	1,15	23	1,15
523	0,640	1,60	32	1,60	233	1,680	4,20	84	4,20
522	0,200	0,50	10	0,50	232	0,840	2,10	42	2,10
454	0,420	1,05	21	1,05	231	0,040	0,10	2	0,10
453	0,880	2,20	44	2,20	225	0,020	0,05	1	0,05
452	0,220	0,55	11	0,55	224	0,800	2,00	40	2,00
444	0,380	0,95	19	0,95	223	2,980	7,45	149	7,45
443	1,040	2,60	52	2,60	222	1,600	4,00	80	4,00
442	0,240	0,60	12	0,60	221	0,020	0,05	1	0,05
434	0,120	0,30	6	0,30	214	0,060	0,15	3	0,15
433	0,460	1,15	23	1,15	213	0,100	0,25	5	0,25
432	0,120	0,30	6	0,30	212	0,120	0,30	6	0,30
424	0,140	0,35	7	0,35	153	0,020	0,05	1	0,05
423	0,520	1,30	26	1,30	152	0,020	0,05	1	0,05
422	0,040	0,10	2	0,10	144	0,080	0,20	4	0,20
354	0,160	0,40	8	0,40	143	0,280	0,70	14	0,70
353	0,700	1,75	35	1,75	142	0,200	0,50	10	0,50
352	0,120	0,30	6	0,30	141	0,020	0,05	1	0,05
344	0,380	0,95	19	0,95	134	0,100	0,25	5	0,25
343	1,340	3,35	67	3,35	133	0,420	1,05	21	1,05
342	0,260	0,65	13	0,65	132	0,140	0,35	7	0,35
334	0,280	0,70	14	0,70	124	0,120	0,30	6	0,30
333	0,560	1,40	28	1,40	123	0,840	2,10	42	2,10

Figura 113 - Resumo das Características do Diagnóstico (Metodologia Paragon) – Lado Direito

c) *Levantamento Específico das Áreas Degradadas - LEAD*

No âmbito dos inventários de superfície agencia-se o levantamento das manifestações de ruína exteriorizadas pelo pavimento, sem, contudo, se demandar a delimitação das áreas comprometidas, as quais devem ser alvo de intervenções saneadoras de caráter localizado quando as soluções de restauração contemplarem o aproveitamento da camada de revestimento existe.

Assim considerando, julga-se importante não só identificar as diferentes patologias, como também definir os respectivos processos corretivos (“tapa-buracos”, remoções, remendos superficiais ou profundos por operação mecânica ou fresagens localizadas e recomposição, etc.), os quais precisam de ter suas localizações bem definidas e serem devidamente quantificados. Dessa forma, no âmbito da metodologia Paragon, promove-se a demarcação das áreas comprometidas – por faixa de tráfego e em contínuo – registrando-as em lineares gráficos georreferenciados dispostos em sistema ortogonal (registro XY).

Os resultados, obtidos a partir da aplicação de software especialmente desenvolvido, são tratados em relação à faixa de tráfego plena ou considerando somente nas trilhas de roda (divisão da faixa em três frações com larguras da ordem de 1,20 metros); esse procedimento último é adotado antevendo-se uma possível utilização combinada de fresadoras (1,20 m de largura) com engenhos de compactação mais robustos.

A delineação em lineares gráficos, com precisão centimétrica – instruções em VBA (*Visual Basic for Application*) – permite a definição das diferentes operações executivas e a

quantificação dos materiais necessários. Os resultados obtidos são apresentados como anexos ao ***Projeto de Pavimentação*** e, com o objetivo demonstrativo, apresentam-se a seguir um exemplo de gráfico XY e a simbologia indicada:



Figura 114 – Tela do programa - Tecnologia Strata

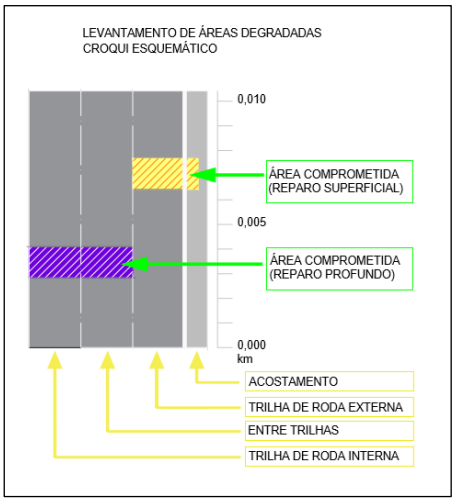


Figura 115 – Levantamento Específico de Áreas Degradadas – Croquis Esquemático.

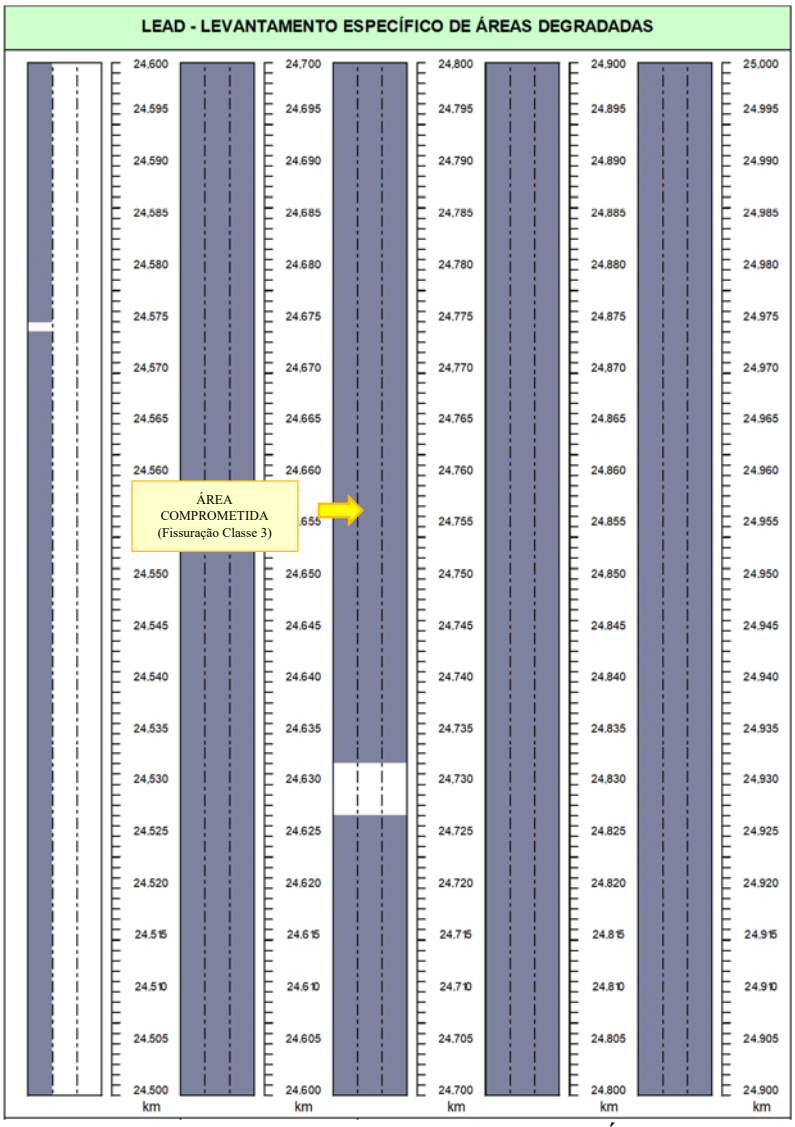


Figura 116 – Modelo do Levantamento Específico de Áreas Degradadas.

4.2.6.3.3. Diagnóstico Funcional do Pavimento Existente

No âmbito da metodologia Paragon, promoveu-se primeiramente os ***diagnósticos parciais*** – por família de degradação e por deformabilidade elástica – e por fim, o ***diagnóstico funcional*** – do pavimento, considerando em conjunto todos os índices de condição (ICDS, ICDP e ICDS); esse procedimento final objetivou fundamentalmente: a) a definição sequencial (estaca por estaca) dos "**estados de sanidade**" externados pelo pavimento ao longo de toda a sua extensão e b) a definição do conjunto de estacas que externam idênticos estados de sanidade (Segmentos Homogêneos).

A conjugação conjunta e simultânea dos códigos genéticos pertinentes a cada família de degradação permitiu definir o ***diagnóstico funcional*** do pavimento, deliberado estaca por estaca. Os resultados obtidos foram anotados e contabilizados em tabelas apropriadas – anteriormente apresentadas – nas quais foram exibidos os valores dos códigos genéticos dos pavimentos. Presentemente, com o objetivo de facilitar a análise e proporcionar uma visão espectral dos ***diagnósticos funcionais*** evidenciados sequencialmente pelo pavimento – por faixa de tráfego, estaca por estaca –, ajuizou-se ser mais apropriado e consistente a

contemplação dos resultados a partir de representações gráficas lineares, disciplinadas pela escala cromática definida anteriormente:



Figura 117 - Estados de Sanidade

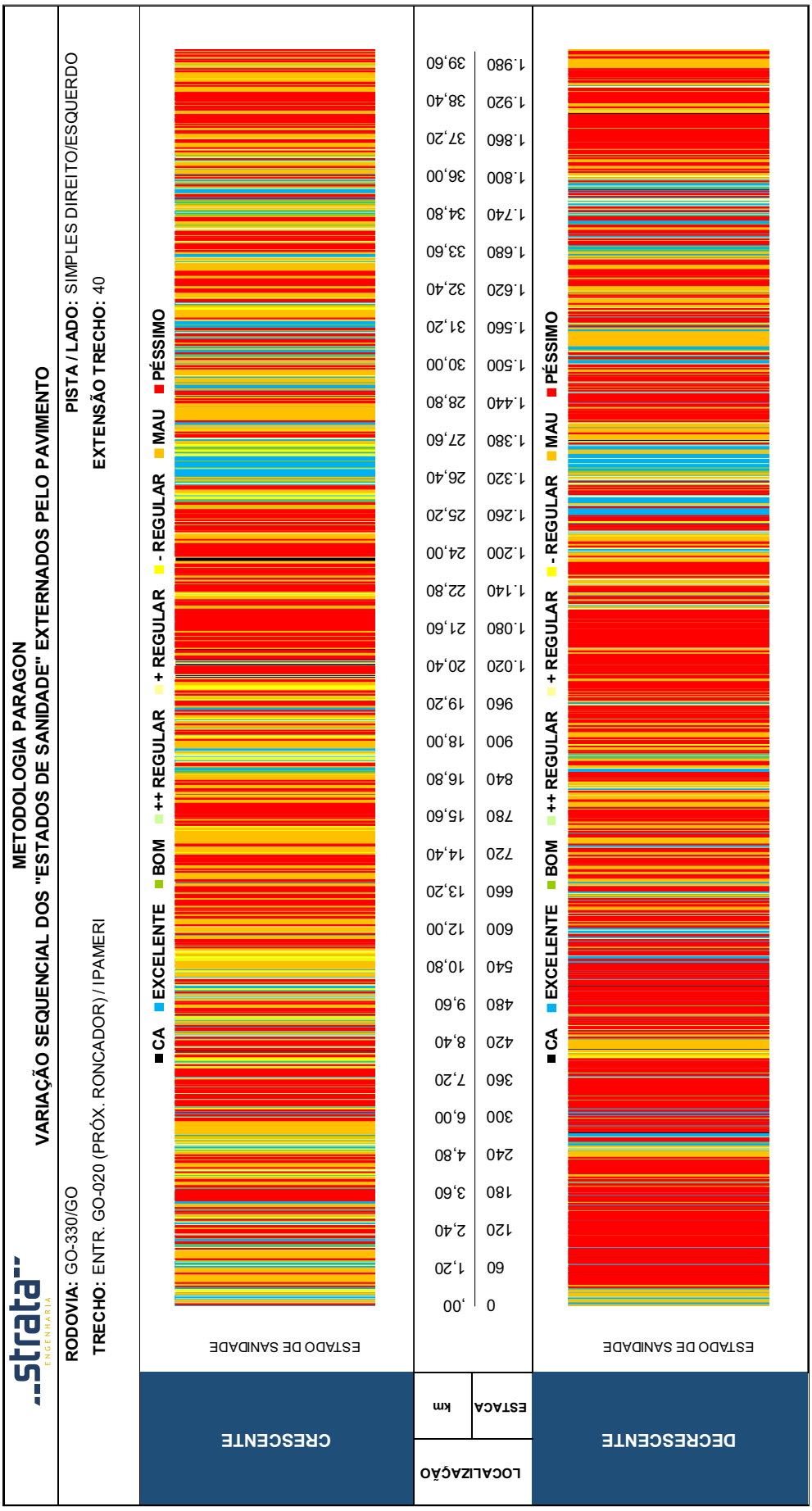


Figura 118 – Diagnóstico Funcional externado pelo pavimento
(estaca por estaca, por faixa de tráfego – Lados Esquerdo e Direito)

4.2.6.3.4. Análise dos Diagnósticos Funcionais

O propósito de análise de conjuntos de sanidade se alicerça na crença de que *"doentes que externam males idênticos, requerem tratamentos com o mesmo remédio"*. No contexto de pavimentos, isso requer a definição de segmentos homogêneos, ou seja, de sequências contínuas de estacas que exibam estados de sanidade análogos, definidos através de exame espectral disciplinado pelos diagnósticos dominantes; essa dominância procede uma vez que se verifica, não raras vezes, a existência de estacas nas quais o pavimento externa diagnósticos diferenciados, distinguidos por fronteiras muito tênues que são estabelecidas ao rigor de sutilezas comportamentais; tais estacas estão integradas ao conjunto dominante.

De igual forma, torna-se igualmente necessário contemplar existência de estados de sanidade maléficos e destoantes ("casos anômalos", estados ""péssimo" ou "mau") incrustados no seio dos diagnósticos suaves, dominantes, os quais decorrem, normalmente, da existência de patologias graves – ocorrentes de forma isolada, aleatória e conflitante – e devem ser tratados à parte, sem comprometer a sequência dominante; quando desarmônicos para melhor (estados "excelente" ou "bom") decorrem de intervenções de manutenção localizadas ("panos" de recuperação ou "remendões") que mascaram a realidade comportamental do pavimento, alçando-o a patamares de serventia adequados; tais ocorrências não apresentam consistência suficiente para comporem segmentos homogêneos individualizados.

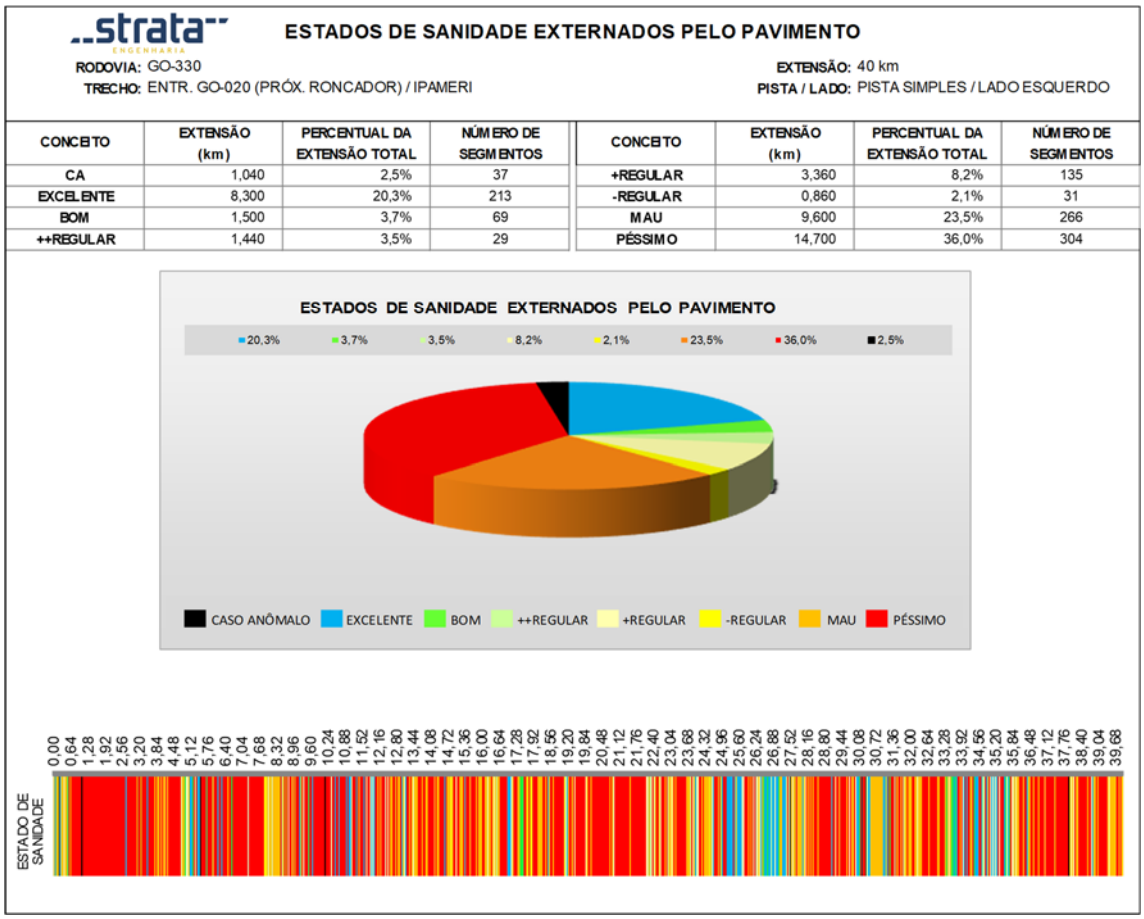
No caso presente, a análise dos lineares de diagnósticos obtidos – representados por uma escala cromática diversificada – evidenciou uma notável heterogeneidade, traduzida pela ***existência de estados funcionais extremos e antagônicos,*** com predominância de estados de sanidade que demonstram comprometimento do pavimento, os quais requerem intervenções em profundidade: o estado de sanidade "**Péssimo**" é verificado em ***36,0%*** na Faixa Esquerda e ***23,8%*** na Faixa Direita, enquanto o estado "**Mau**" é verificado em ***23,5%*** na Faixa Esquerda e ***30,3%*** na Faixa Direita.

É válido destacar que os estados de sanidade "Excelente", "Bom" e "++Regular", somados, correspondem a ***27,5%*** no sentido crescente e ***27,1%*** no sentido decrescente. Essa baixa representatividade de estados de sanidade que proporcionam conforto ao usuário reforça a necessidade de intervenções na rodovia visando elevar esses índices.

Cabe destacar que os estados de sanidade degradados, tanto superficial quanto estruturalmente e que demandam intervenções corretivas em profundidade, abrangem mais de ***50%*** do trecho.

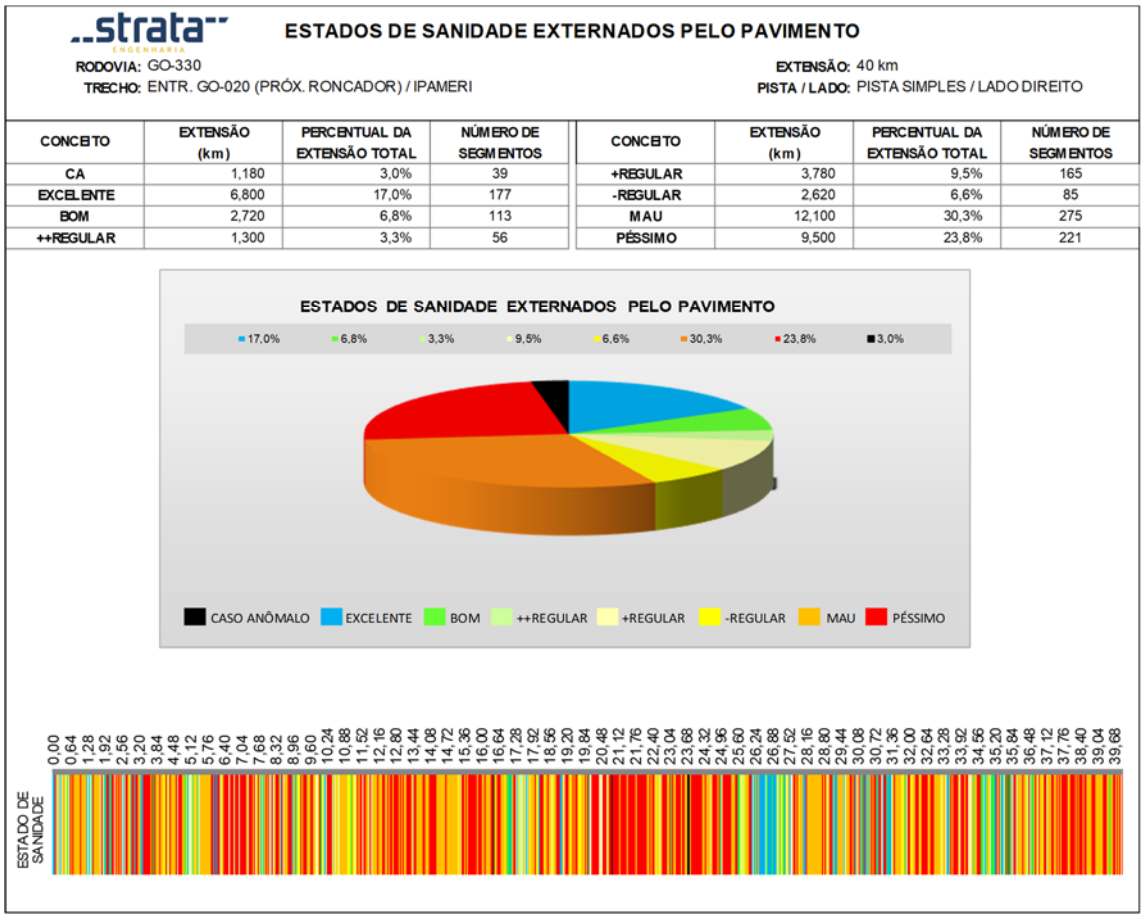
Diante do exposto, conclui-se que o pavimento existente, de maneira geral, apresenta um comportamento homogêneo, possibilitando a aplicação de uma solução única para toda a extensão do trecho.

Visando uma avaliação mais objetiva da ocorrência dos estados de sanidade que caracterizam o pavimento existente, promoveu-se a contextualização estatística dos estados de sanidade verificados:



CONCEITO	EXTENSÃO (km)	PERCENTUAL DA EXTENSÃO TOTAL	NÚMERO DE SEGMENTOS	CONCEITO	EXTENSÃO (km)	PERCENTUAL DA EXTENSÃO TOTAL	NÚMERO DE SEGMENTOS
CA	1,040	2,5%	37	+REGULAR	3,360	8,2%	135
EXCELENTE	8,300	20,3%	213	-REGULAR	0,860	2,1%	31
BOM	1,500	3,7%	69	MAU	9,600	23,5%	266
++REGULAR	1,440	3,5%	29	PÉSSIMO	14,700	36,0%	304

Figura 119 – Distribuição Percentual dos Estados de Sanidade externados pelo Pavimento (Lado Esquerdo)



CONCEITO	EXTENSÃO (km)	PERCENTUAL DA EXTENSÃO TOTAL	NÚMERO DE SEGMENTOS
CA	1,180	3,0%	39
EXCELENTE	6,800	17,0%	177
BOM	2,720	6,8%	113
++REGULAR	1,300	3,3%	56

CONCEITO	EXTENSÃO (km)	PERCENTUAL DA EXTENSÃO TOTAL	NÚMERO DE SEGMENTOS
+REGULAR	3,780	9,5%	165
-REGULAR	2,620	6,6%	85
MAU	12,100	30,3%	275
PÉSSIMO	9,500	23,8%	221

Figura 120 – Distribuição Percentual dos Estados de Sanidade externados pelo Pavimento (Lado Direito)

Com o objetivo de proporcionar uma visão mais clara das condições do trecho, julgou-se pertinente apresentar um gráfico que identifica os Índices de Condição Operacional (ICDS e ICDP) com valores superiores a 2,5, ou seja, aqueles que não demandam intervenções em profundidade.

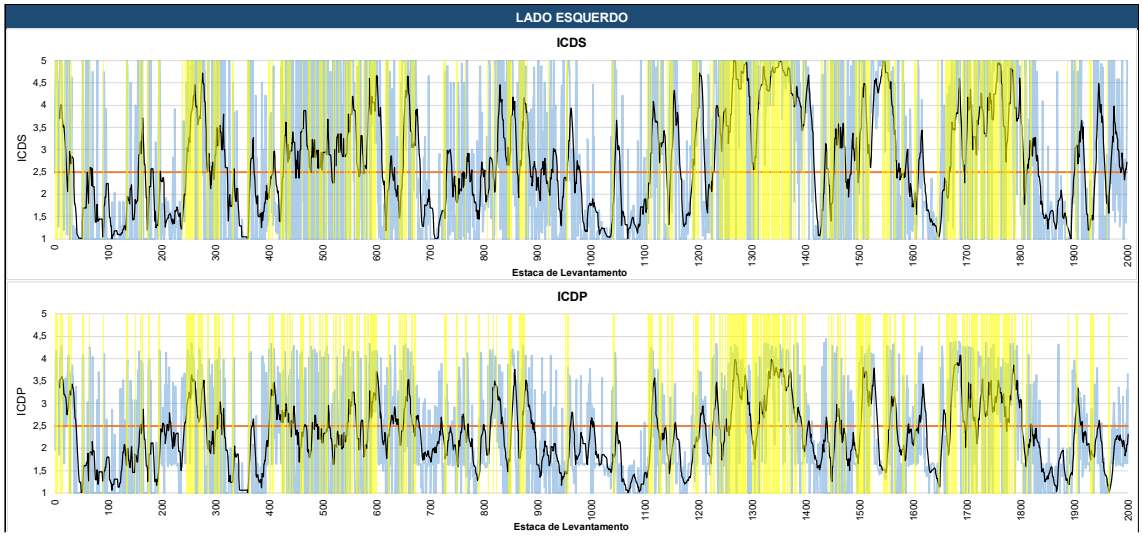


Figura 121 – Identificação dos Segmentos que não Demandam Intervenções em Profundidade (Lado Esquerdo)

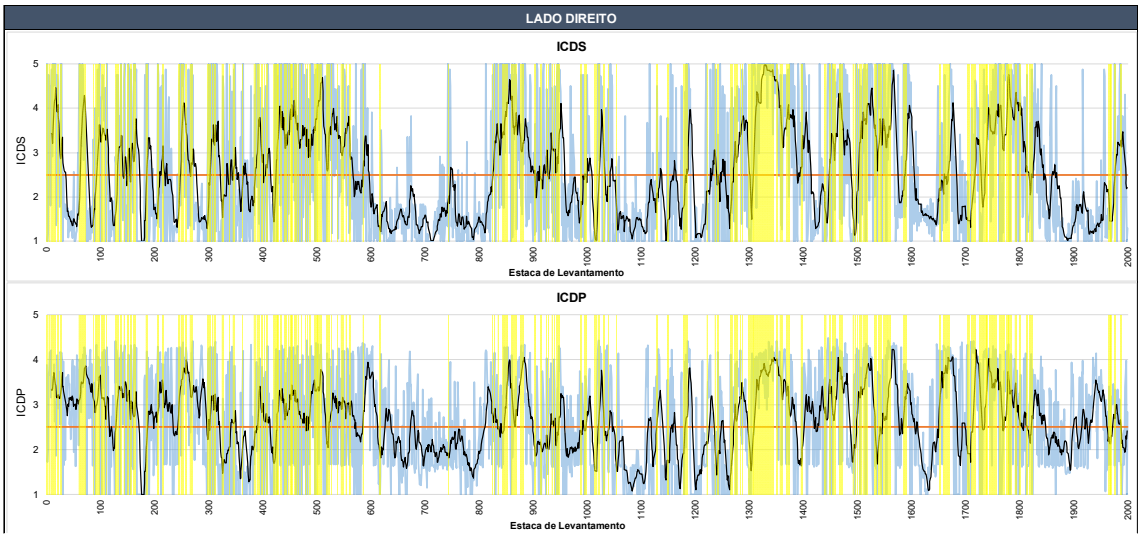


Figura 122 – Identificação dos Segmentos que não Demandam Intervenções em Profundidade. (Lado direito)

4.2.6.3.5. Soluções Conceptivas

Finalmente, tendo-se em conta a vinculação dos estados de sanidade com as "Soluções Conceptivas" definidas na ***Matriz de Decisão Paragon***, verifica-se que o pavimento demandará, predominantemente, intervenções do tipo reconstrução total ou parcial, e recomposição superficial com reforço, abrangendo aproximadamente 50% do trecho. Esse índice elevado de pavimento com condições ruins indica a necessidade urgente de intervenções, uma vez que os 20% do trecho que apresentam condições adequadas de trafegabilidade estão distribuídos de forma dispersa, não sendo suficientes para garantir a integridade e segurança de toda a extensão.

strata ENGENHARIA **SOLUÇÕES CONCEPTIVAS PARA A RECUPERAÇÃO DO PAVIMENTO**

RODOVIA: GO-330 **EXTENSÃO:** 40 km
TRECHO: ENTR. GO-020 (PRÓX. RONCADOR) / IPAMERI **PISTA / LADO:** PISTA SIMPLES / LADO ESQUERDO

SOLUÇÃO	EXTENSÃO (km)	PERCENTUAL DA EXTENSÃO TOTAL	NÚMERO DE SEGMENTOS	SOLUÇÃO	EXTENSÃO (km)	PERCENTUAL DA EXTENSÃO TOTAL	NÚMERO DE SEGMENTOS
CA	1,040	2,5%	37	RL + REF	3,360	8,2%	135
OK	8,300	20,3%	213	RPS	0,860	2,1%	31
RL	1,500	3,7%	69	RPS + REF	9,600	23,5%	266
RL + RS	1,440	3,5%	29	REC OU REC*	14,700	36,0%	304

Figura 123 – Distribuição Percentual das soluções reclamadas pelo pavimento – Lado Esquerdo

strata ENGENHARIA **ESTADOS DE SANIDADE EXTERNADOS PELO PAVIMENTO**

RODOVIA: GO-330 **EXTENSÃO:** 40 km
TRECHO: ENTR. GO-020 (PRÓX. RONCADOR) / IPAMERI **PISTA / LADO:** PISTA SIMPLES / LADO DIREITO

CONCEITO	EXTENSÃO (km)	PERCENTUAL DA EXTENSÃO TOTAL	NÚMERO DE SEGMENTOS	CONCEITO	EXTENSÃO (km)	PERCENTUAL DA EXTENSÃO TOTAL	NÚMERO DE SEGMENTOS
CA	1,180	3,0%	39	+REGULAR	3,780	9,5%	165
EXCELENTE	6,800	17,0%	177	-REGULAR	2,620	6,6%	85
BOM	2,720	6,8%	113	MAU	12,100	30,3%	275
++REGULAR	1,300	3,3%	56	PÉSSIMO	9,500	23,8%	221

Figura 124 – Distribuição Percentual das soluções reclamadas pelo pavimento – Lado Direito

4.2.6.3.6. Conclusões

Conforme descrito anteriormente, o pavimento em análise corresponde a um segmento da rodovia GO-330 situado entre os municípios de Ipameri e Roncador, passando por Urutaí. O trecho tem extensão total de 40,00 km e é constituído por pista simples, com duas faixas de tráfego de largura média de 3,40 m cada, além de acostamentos descontínuos em ambas as extremidades, com largura média de 1,60 m cada. No que se refere à estrutura do pavimento, verificou-se, a partir das sondagens de campo, que tanto a camada de base quanto a de sub-base são majoritariamente compostas por cascalho com características lateríticas. O solo de fundação, por sua vez, é constituído por material argilo arenoso, com presença de pedregulho em alguns furos. Além disso, também foram identificadas ocorrências de cascalho com características lateríticas em determinados pontos do solo de fundação. Por fim, o revestimento asfáltico é composto por Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ).

De maneira geral, pode-se afirmar que a rodovia exibe um comportamento bastante uniforme ao longo de sua extensão, uma vez que o estado de degradação do pavimento é generalizado, refletindo uma sanidade bastante comprometida, caracterizada pelos estados “Péssimo”, “Mau” e “-Regular”. Dessa forma, as soluções conceptivas demandadas serão, predominantemente, intervenções em profundidade, como a reconstrução parcial e a recomposição superficial, visando a restauração da funcionalidade e da vida útil do pavimento.

O sequencial de diagnósticos obtidos – representado em lineares cromaticamente diversificados – evidenciou uma notável heterogeneidade, caracterizada pela coexistência de diferentes estados funcionais, muitas vezes opostos. No entanto, observa-se uma predominância significativa de condições em que o pavimento se encontra comprometido, demandando intervenções em profundidade. Aproximadamente 50% do trecho apresenta estados de sanidade classificados como “Péssimo” e “Mau”, indicando a necessidade de reconstrução parcial ou total, bem como a adição de aporte estrutural para restabelecer a capacidade funcional da rodovia.

Os estados de sanidade “Bom” (Faixa Esquerda: 3,7% e Faixa Direita: 6,8%) e “Excelente” (Faixa Esquerda: 20,3% e Faixa Direita: 17,0%) correspondem a aproximadamente 20% do pavimento existente. No entanto, essas condições favoráveis se apresentam de forma dispersa e pouco representativa ao longo do trecho, reforçando a necessidade de intervenções em profundidade para a maior parte do trecho em estudo. Esse cenário evidencia que a predominância de estados degradados exige ações corretivas estruturais para restaurar a funcionalidade e a durabilidade do pavimento.

Destaca-se, ainda, a notável identidade verificada entre os comportamentos manifestados concomitantemente por ambas as faixas de tráfego ao longo de todo o trecho, excetuando os o início de trecho em que o lado esquerdo apresenta condições piores se comparado ao lado direito. Sob uma ótica holística, observa-se uma extraordinária similaridade funcional entre as faixas, uma vez que a comparação sequencial dos resultados, estaca por estaca, em uma mesma seção transversal, evidencia uma coincidência notável. Essa correlação homogênea indica que as condições funcionais do pavimento, sejam elas boas ou degradadas, tendem a se manifestar simultaneamente em ambas as faixas, reforçando a necessidade de intervenções planejadas de forma integrada.

A similitude comportamental das faixas de tráfego também se manifestou na análise dos principais parâmetros de desempenho, como deflexão reversível, irregularidade longitudinal e flechas nas trilhas de roda. Observou-se uma boa correspondência entre as magnitudes e as

respectivas distribuições percentuais desses parâmetros, evidenciando um padrão homogêneo de degradação.

As deflexões reversíveis se distribuíram predominantemente no intervalo de 40 a 80 × 0,01 mm em ambas as faixas de tráfego, indicando um comportamento relativamente homogêneo nesse parâmetro. Já os valores de IRI apresentaram maior dispersão, com a faixa direita exibindo predominância de valores entre 0,5 e 2,5 m/km em aproximadamente 15 km do trecho, enquanto a faixa esquerda registrou, em igual extensão, valores considerados péssimos (IRI > 4,5 m/km). Por fim, as flechas nas trilhas de roda ocorreram predominantemente no intervalo entre 0 e 5 mm. Embora esses valores possam sugerir um bom desempenho da base ao longo do trecho analisado, a realidade observada contraria essa interpretação. O cisalhamento da camada de base, um dos defeitos mais recorrentes no pavimento, evidencia que a base não apresenta um comportamento satisfatório, comprometendo a sua capacidade estrutural.

Os resultados obtidos são apresentados a seguir, em gráficos onde se expressam os percentuais de ocorrência de cada parâmetro por intervalos de variação (histogramas) e as extensões (em km) ocupadas por cada um dos intervalos:

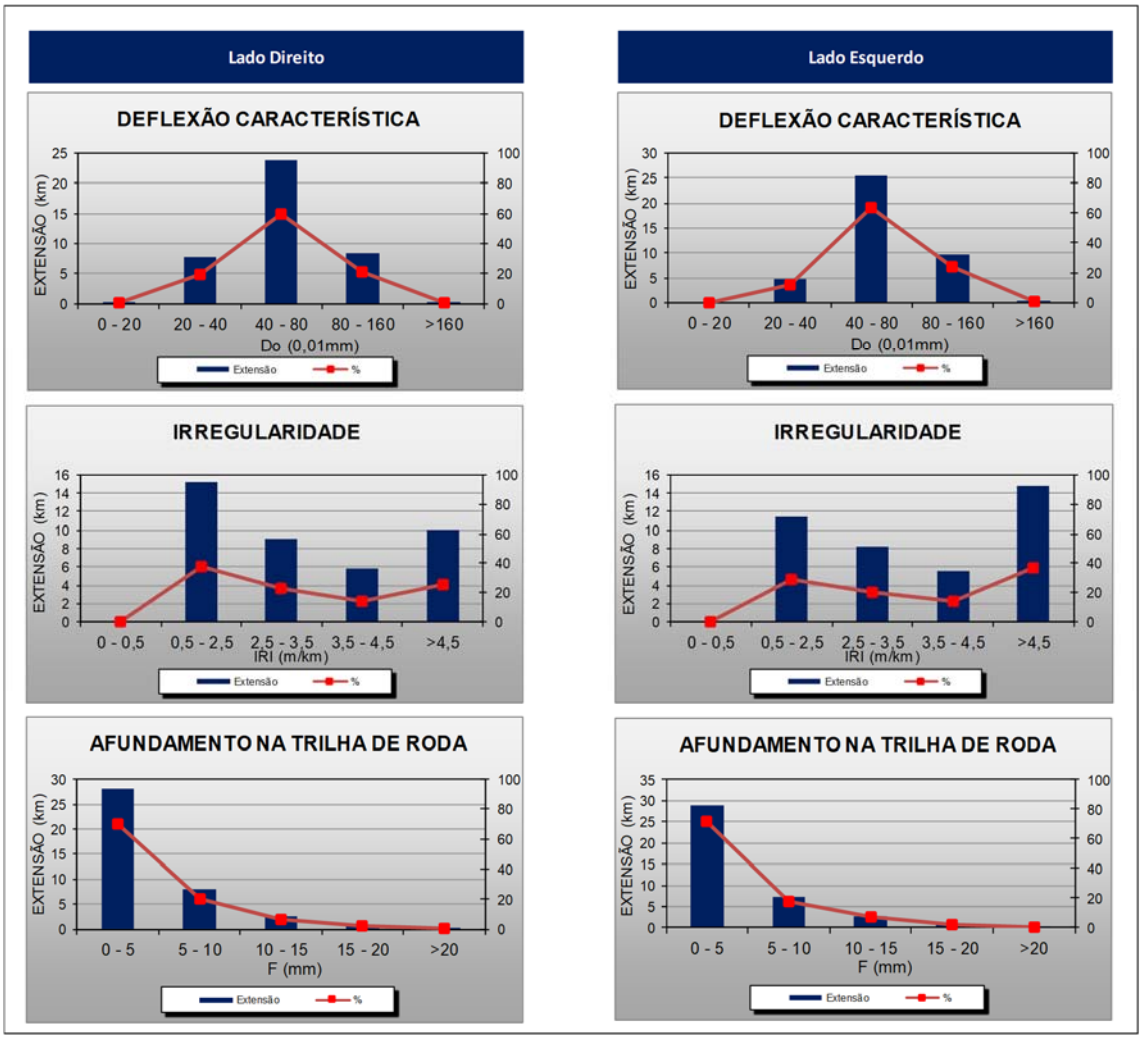


Figura 125 – Percentuais de ocorrência e extensões totais abrangidas pelos principais parâmetros de comportamento (Metodologia Paragon)

A similaridade comportamental entre ambas as faixas de tráfego foi também externada pela comparação dos índices caracterizadores do pavimento em ambas as faixas de tráfego, principalmente no que se refere ao índice da condição de deformabilidade elástica, o qual evidenciou paridade notável. Os resultados obtidos são apresentados a seguir, em gráficos onde se expressam os percentuais de ocorrência de cada índice de condição por intervalos de variação (histogramas) e as extensões (em km) ocupadas por cada um dos intervalos:

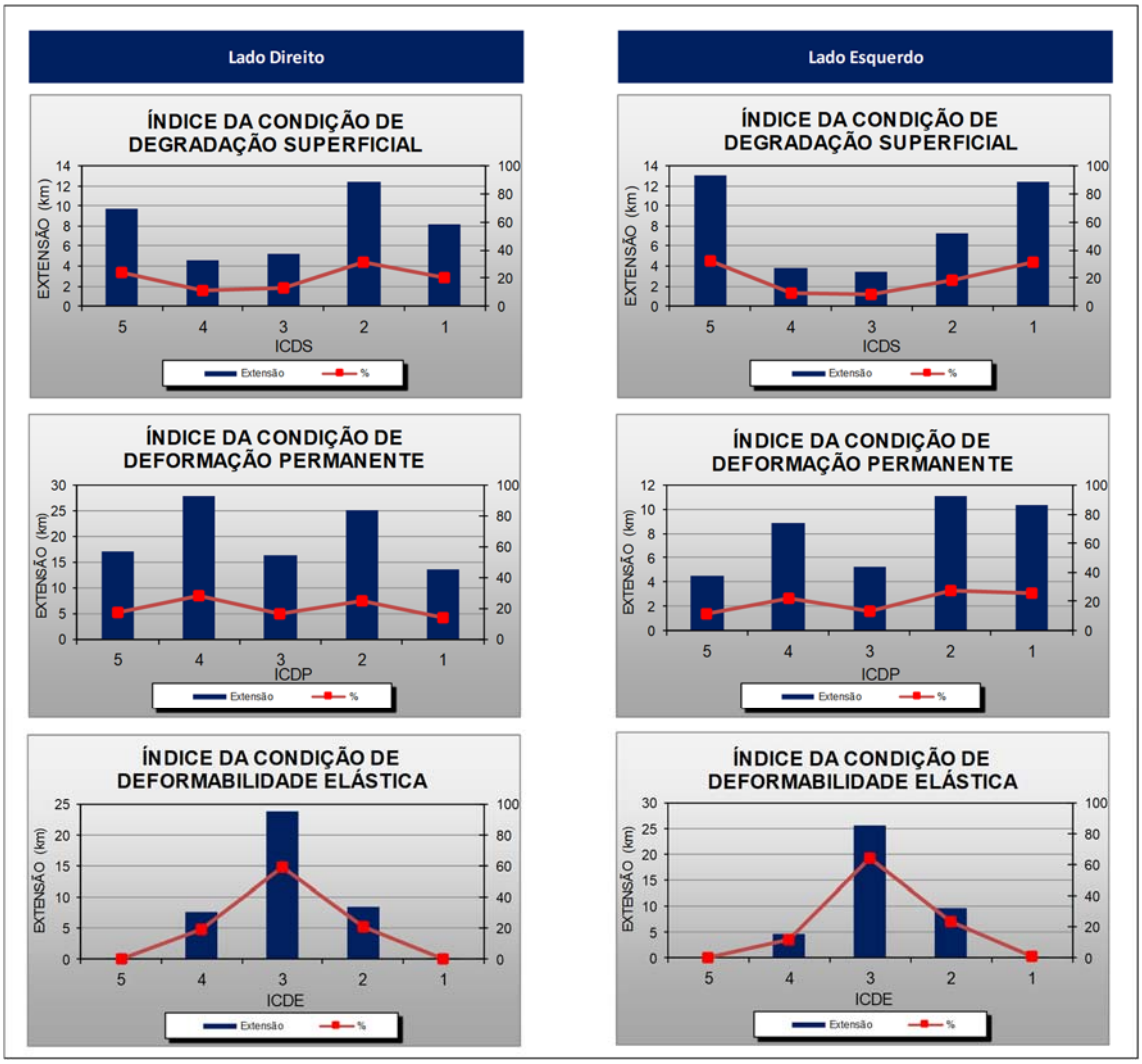


Figura 126 – Percentuais de ocorrência e extensões totais abrangidas pelos principais parâmetros de comportamento (Metodologia Paragon).

4.2.6.4.Cotejamento entre os Conceitos de Serventia DNIT (Pro-006/2003) e o Diagnóstico Funcional Definido pela Metodologia Paragon

Conforme vem de se expor, no âmbito do presente Projeto de Restauração foram aplicados dois procedimentos de ***avaliação*** funcional do pavimento existente, a saber:

- através da Norma ***DNIT PRO-006/2003***, procedendo os levantamentos por amostragem, em faixas alternadas e contemplando as duas faixas de tráfego simultaneamente, com os conceitos de serventia definidos por segmento homogêneo, acrescentada de uma proposição de aprimoramento, contemplando o processo de varredura métrica – quantificação das ocorrências metro a metro – em universos de

análise de 20 m (estaca por estaca) considerando a área superficial total; nessa alternativa, os conceitos de serventia foram definidos por estaca;

- através da metodologia ***PARAGON***, por meio de levantamento contínuo realizado por faixa de tráfego, o qual se apoia na análise e interpretação conjugada das distintas famílias de degradação e da deformabilidade elástica do pavimento. No âmbito do diagnóstico funcional, os defeitos são quantificados por meio de "varredura métrica" e os resultados são definidos para universos de análise de 20 m (estaca por estaca), contemplando as duas faixas de tráfego de forma individualizada.

A proposição presente consiste, pois, em se cotejar os resultados obtidos pelos distintos procedimentos, mesmo sabendo que a consideração conjunta de ambas as faixas de tráfego e a definição por segmentos homogêneos– método DNIT – pode conduzir a falhas de interpretação, o que não constitui problema no caso presente, haja vista a identidade filosófica de ambas as metodologias. Dessa forma, em que pesem as diferença de propósito, considerou-se interessante promover um cotejamento entre os resultados obtidos pelas metodologias DNIT ***(conceitos de serventia)*** e Paragon ***(Diagnóstico)*** com o objetivo de avaliar eventuais discrepâncias, pouco prováveis, pois ambas as metodologias guardam estreito relacionamento contextual, se diferindo fundamentalmente nos critérios de contemplação e no rol de defeitos considerados.

De forma a se processar o retromencionado cotejamento, julgou-se que a opção mais perfeita seria através da comparação direta dos lineares gráficos pertinente a cada metodologia, contemplando os respectivos conceitos/diagnóstico, devidamente distinguidos pela escala cromática anteriormente definida.

Numa primeira etapa, considerou-se o procedimento DNIT PRO-006/2003 contemplando conjuntamente ambas as faixas de tráfego e a definição conceitual por segmento homogêneo, o qual se relaciona a um predomínio dos conceitos "Péssimo" (20,0%), "Ruim" (58,8%) e "Regular" (11,2%), que se resumem a um nível de serventia bastante combalido, que acomete 90% da extensão do trecho; da fração restante, 10% denunciam um comportamento adequado ("Bom").

Quando do cotejamento dos resultados de ambas as metodologias, observa-se que, embora os dois procedimentos caracterizem as graves deficiências funcionais externadas pelo pavimento, a severidade constatada pelos diagnósticos Paragon é mais acentuada, exibindo um agravamento em relação aos conceitos DNIT: os estados de sanidade externam diagnósticos "Péssimo" enquanto a metodologia DNIT PRO-006/2003 qualifica a maior parte dos segmentos existentes com os conceitos de serventia de "Ruim" e "Regular". Tais constatações decorrem fundamentalmente dos fatos da normativa DNIT tratar os dados por segmentação homogênea e de alguns tipos de defeitos que são considerados exclusivamente pela metodologia Paragon (como, por exemplo, os bombeamentos de água com finos), particularidade que estabelece percentuais de ocorrência menos acentuados da metodologia DNIT PRO-006/2003, haja vista o abrandamento das frequências absolutas e, por conseguinte, das frequências relativas.

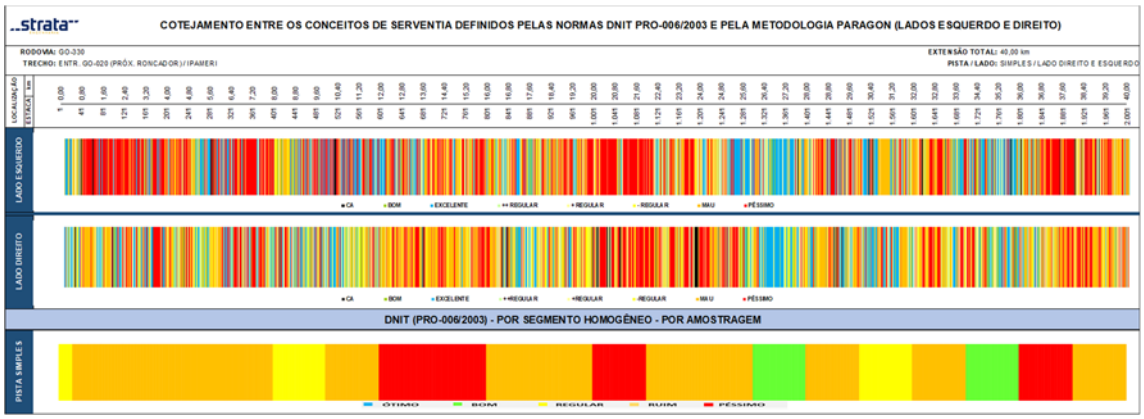


Figura 127 – Cotejamento entre os Diagnósticos Metodologia Paragon x Norma DNIT PRO-006/2003 por Segmento Homogêneo.

Seguidamente, por se dispor dos resultados obtidos pela normativa DNIT PRO-006/2003 tratados por varredura métrica (aprimoramento proposto pela Strata Engenharia), mesmo que considerando o tratamento dos dados de ambas as faixas de tráfego em conjunto e um número reduzido de manifestações de ruina, considerou-se mais pertinente e consistente promover o cotejamento com os resultados da metodologia Paragon, também processados por estaca.

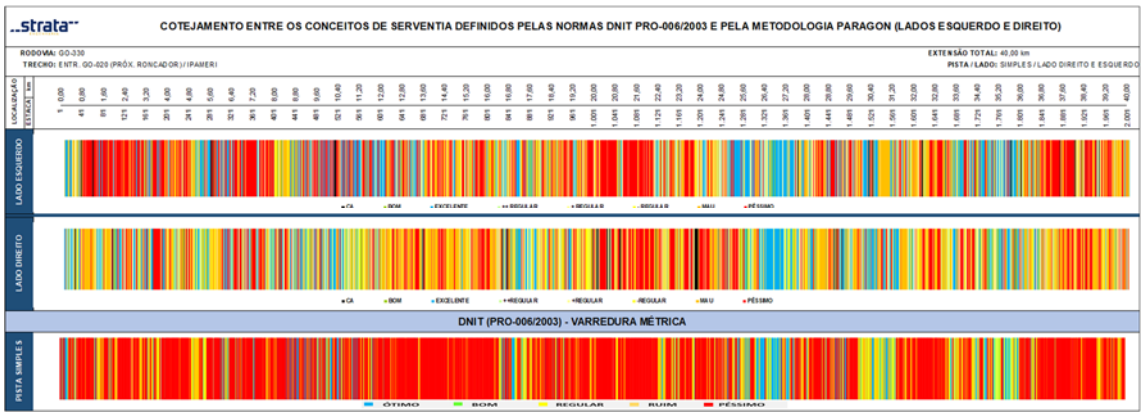


Figura 128 – Cotejamento entre os Diagnósticos Metodologia Paragon x Norma DNIT PRO-006/2003 por Varredura Métrica.

Os resultados obtidos refletem uma realidade bem mais consistente, com ambos os procedimentos evidenciando os maus estados de sanidade externados pelo pavimento existente, particularidade que evidencia seu estado avançado de exaustão - sua falência em termos de "vida útil" – e que impede sua recuperação, nesses pontos, por meio da sobreposição de camadas asfálticas; o pavimento existente requer majoritariamente, para sua reabilitação, a remoção das camadas asfálticas extremamente degradadas e aportes estruturais potentes, que propiciem sua prestação de serviços futura.

Com certa complacência e esmero ótico e com o devido carinho analítico, julga-se que os diagnósticos PARAGON por faixa de tráfego, caso "miscigenados", traduziram, em boa medida, os conceitos de serventia obtidos pela metodologia DNIT.

Finalmente, de forma a se poder apreciar os cotejamentos metodológicos de forma um pouco mais objetiva, calcularam-se os percentuais de ocorrência de cada estado de sanidade conceituado pelas duas metodologias. Os resultados em questão são apresentados a seguir:

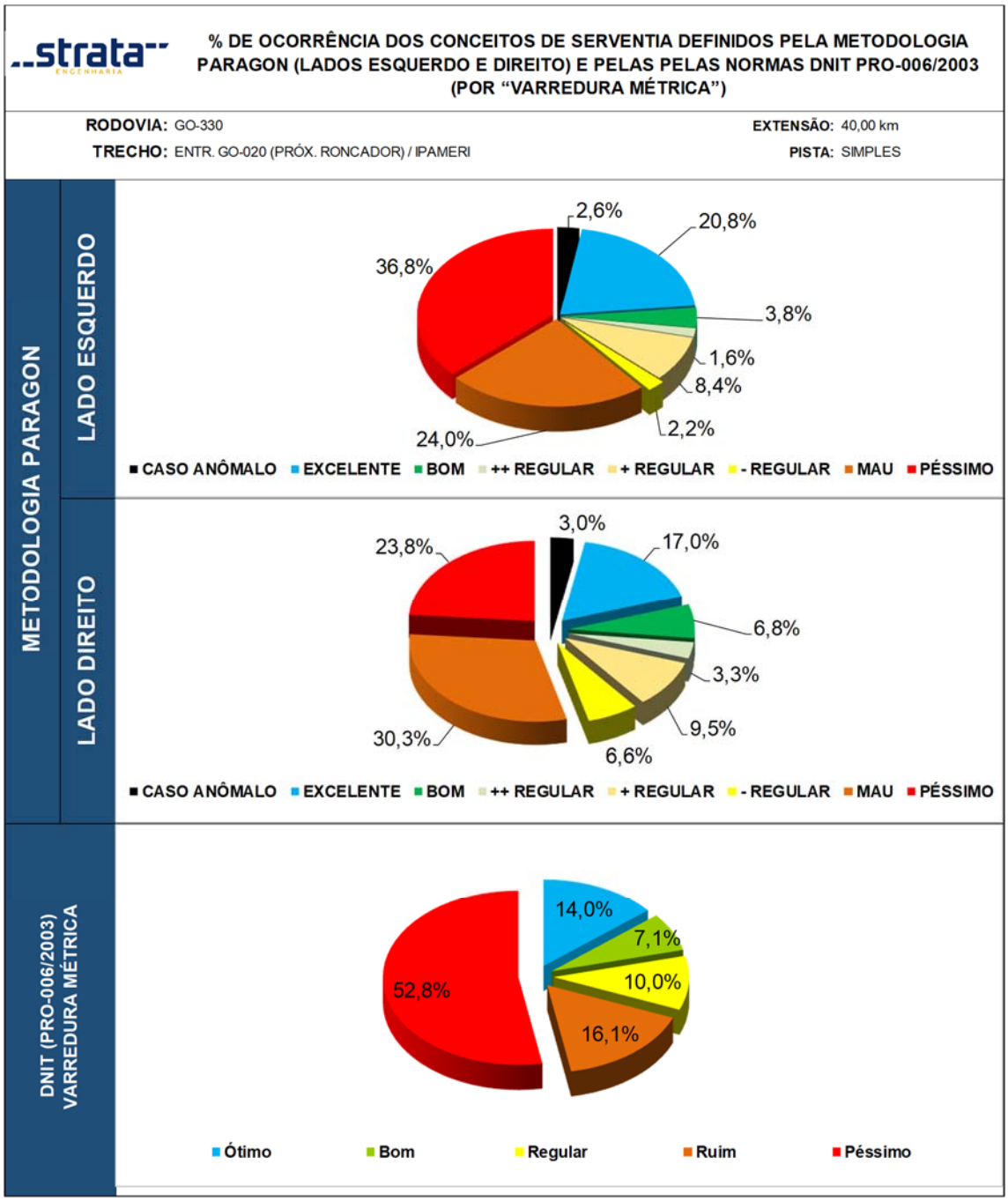


Figura 129 – Cotejamento entre os diagnósticos PRO-006/2003 versus PARAGON.

4.2.6.5.Avaliação e Diagnóstico Estrutural do Pavimento Através da Metodologia PARAGON

Embora se considere que a deflexão reversível máxima constitua um parâmetro interessante e importante na definição do estado de sanidade dos pavimentos rodoviários, evidenciou-se anteriormente que esse parâmetro individualmente não se presta para definir características estruturais de um sistema pavimento - solo de fundação. Por si próprias, as deflexões máximas permitem apenas uma definição clara dos locais onde o pavimento experimenta maiores ou menores deformações verticais reversíveis quando carregados exteriormente, não se apresentando suficientes para caracterizar o pavimento sequer do ponto de vista exclusivo da reversibilidade.

Do exposto, torna-se evidente que análises estruturais fundamentadas única e exclusivamente em valores da deflexão reversível máxima, considerada como parâmetro autodefinidor ou autossuficiente, podem conduzir a resultados pouco concludentes ou até mesmo errôneos. Sob tais circunstâncias, no âmbito da presente metodologia, julgou-se de fundamental importância promover a busca de parâmetros mais apropriados, capazes de traduzir com maior qualificação as características da estrutura estratificada de um pavimento.

Destarte, considera-se fundamentalmente importante promover uma competente Caracterização Estrutural do sistema estratificado composto pelo conjunto pavimento – solo de fundação, principalmente quando submetido a esforços provocados pelas cargas do tráfego pesado. Assim considerando, ajuizou-se que para se processar caracterizações estruturais adequadas se fariam necessárias, no mínimo, a determinação dos seguintes elementos:

- ✓ perfil constitutivo da estrutura do pavimento-solo de fundação (número de camadas, espessuras e materiais constituintes e suas propriedades), e
- ✓ linhas de influência dos assentamentos reversíveis provocadas por cargas aplicadas à superfície do sistema estratificado

os quais, quando analisados em conjunto, permitem a determinação de importantes grandezas fundamentais da estrutura, tais como o número de camadas, as espessuras e os módulos de elasticidade e os coeficientes de Poisson das camadas constituintes e do solo de fundação.
Paralelamente, considerou-se ainda igualmente importante, na caracterização estrutural do pavimento, a realização de poços de inspeção para a determinação das características físicas vigentes nas camadas do pavimento e no solo de fundação e a coleta de amostras para caracterizações laboratoriais ordinárias.

Os trabalhos para se estabelecer o diagnóstico estrutural do pavimento foram, portanto, desenvolvidos com base nas definições do perfil estratigráfico do pavimento existente e nas medições das linhas de influência dos assentamentos reversíveis.

4.2.6.5.1. Levantamentos Efetuados e Resultados Obtidos

4.2.6.5.1.1.Perfil constitutivo do pavimento

Análises de linhas de influência experimentais dos assentamentos reversíveis experimentais com base na Teoria da Elasticidade aplicada a sistemas estratificados (multicamadas) permitem definir - por analogia - as grandezas fundamentais do sistema pavimento - solo de solo de fundação, procedimento que entretanto demanda, de preferência, o conhecimento prévio do perfil constitutivo (geometria) do pavimento existente, ou mais fundamentalmente, do número e das espessuras de suas camadas, haja vista as vantagens inerentes de se poder promover retroanálises teóricas dispondo da estratigrafia verdadeira. No âmbito de tais determinações, o

ideal é sempre o emprego de um radar de profundidade – vide ilustração apresentada a seguir – o qual faculta da determinação específica do sistema estratificado exatamente nos locais onde foram processadas as medições das linhas de influência com o *Falling Weight Deflectometer.*

- **Sondagens com o GPR**

Para o presente projeto, a utilização do Georadar (*Ground Penetrating Radar* – GPR) proporcionou a determinação da espessura em contínuo do revestimento asfáltico existente, o que subsidiará a determinação assertiva das espessuras para fins de avaliação do pavimento e quantitativos. As espessuras asfálticas encontradas são apresentadas a seguir, em linear específico:

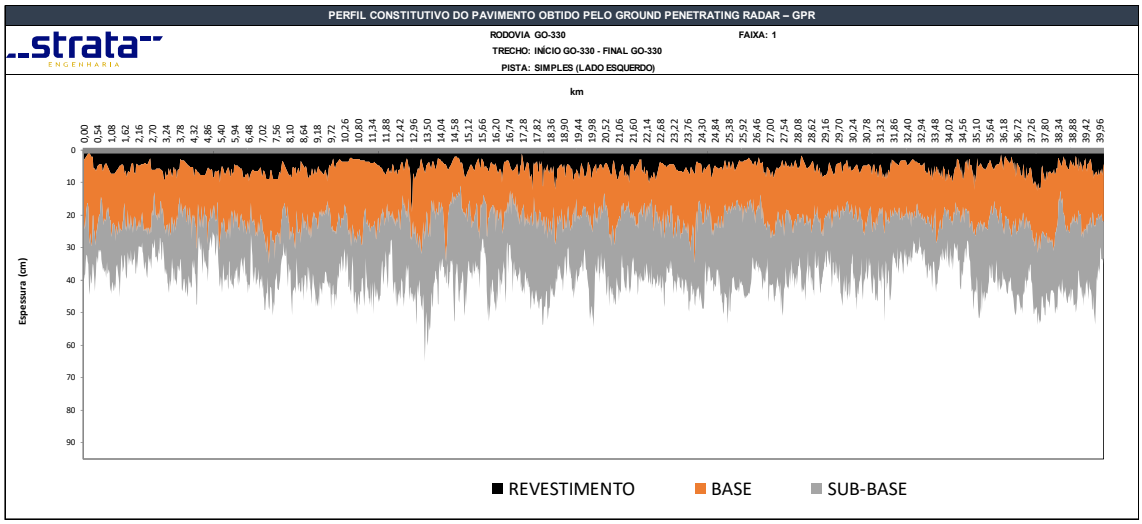


Figura 130 - Perfil Constitutivo do Revestimento do Pavimento processado através do Georadar.

- **Sondagens de Poço**

As sondagens de poço foram executadas com os objetivos maiores de definir o número e espessuras das camadas constitutivas e de permitir a classificação táctil-visual dos materiais constituintes das camadas do pavimento e do solo de fundação – não traduzidas pelo Georadar – e a coleta de amostras para as necessárias caracterizações laboratoriais.

De forma a atender às premissas do Termo de Referência pertinente ao presente Contrato de Prestação de Serviços, foram realizados 21 poços de sondagem ao longo da rodovia, visando a definição do número e espessuras das camadas da estrutura estratificada, a classificação expedita dos materiais e a coleta de amostras para caracterizações laboratoriais. Os Boletins de Sondagem, mosaico fotográfico e resultados das caracterizações laboratoriais são apresentados nos Estudos Geotécnicos.

Os resultados obtidos nas sondagens de poço foram também utilizados na calibração das prospecções em profundidade realizadas com o GPR, uma vez que o software do equipamento faculta a entrada das espessuras físicas medidas em campo para a correção das constantes dielétricas; esse procedimento, que permite definir, com enorme precisão, o *perfil constitutivo* em contínuo dos pavimentos estudados e, por conseguinte, aprimora o cálculo de suas principais grandezas estruturais: os módulos de elasticidade das misturas asfálticas, dos materiais granulares e dos solos de fundação e respectivos coeficientes de Poisson.

A disposição dos furos de sondagem, um modelo dos Boletins de Sondagem elaborados e o perfil estratigráfico detectado, contando com as camadas (espessuras e materiais constituintes) são apresentados na sequência:

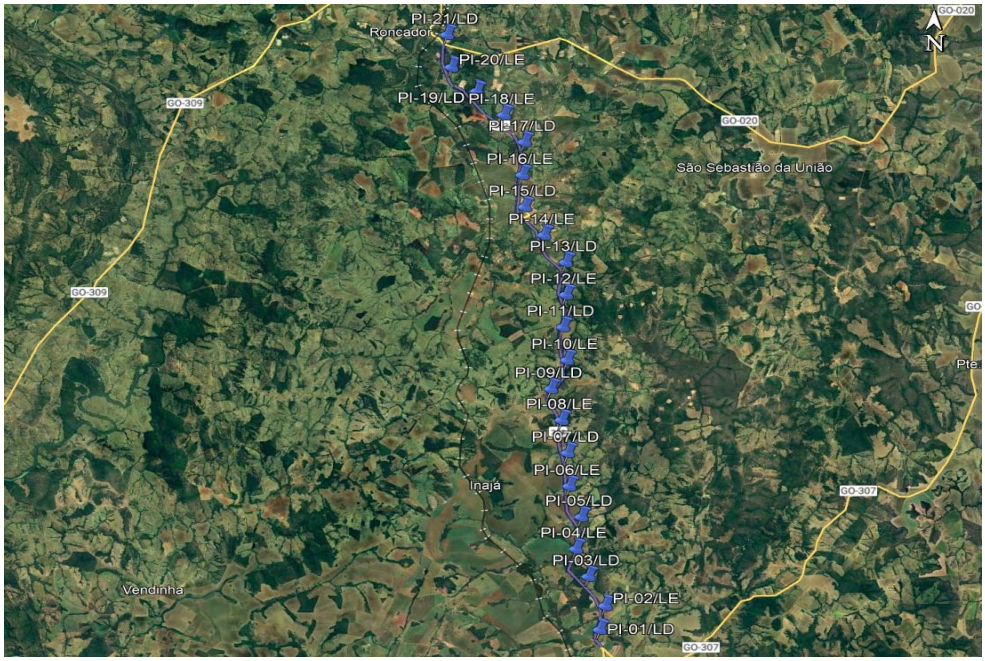


Figura 131 - Posicionamento e distribuição das sondagens de poço efetuadas ao longo do pavimento.

BOLETIM DE SONDAGEM

RODOVIA: GO-330 /020

TRECHO: RONCADOR-IPAMERI

ESTUDO : CAMADA DE PAVIMENTO

PI	ESTACA	POSIÇÃO	PROFUNDIDADE (m)		ESPESSURA (M)	CAMADA	COORDENADAS		CLASSIFICAÇÃO EXPEDITA
							W	S	
01	23	LD	0,00	0,06	0,06	REVESTIMENTO	48° 9'56.41"O	17°41'44.14"S	CBUQ
			0,06	0,24	0,18	BASE			CASCALHO COM CARACTERÍSTICAS LATERÍTICAS AMARELADO
			0,24	0,41	0,17	SUB-BASE			CASCALHO COM CARACTERÍSTICAS LATERÍTICAS AMARELADO
			0,41	1,50	1,09	SUBLEITO			SOLO ARENO ARGILOSO AMARELADO
02	93	LE	0,00	0,07	0,07	REVESTIMENTO	48° 9'48.49"O	17°41'0.78"S	CBUQ
			0,07	0,23	0,16	BASE			CASCALHO COM CARACTERÍSTICAS LATERÍTICAS AMARRONZADO
			0,23	0,38	0,15	SUB-BASE			CASCALHO COM CARACTERÍSTICAS LATERÍTICAS AMARELADO
			0,38	1,50	1,12	SUBLEITO			SOLO ARENO ARGILOSO AVERMELHADO COM PRESENÇA DE PEDREGULHOS
03	200	LD	0,00	0,06	0,06	REVESTIMENTO	48°10'18.40"O	17°39'59.56"S	CBUQ
			0,06	0,29	0,23	BASE			CASCALHO COM CARACTERÍSTICAS LATERÍTICAS AMARRONZADO
			0,29	0,53	0,24	SUB-BASE			CASCALHO COM CARACTERÍSTICAS LATERÍTICAS AMARELADO
			0,53	1,50	0,97	SUBLEITO			SILTE ARENOSO AMARELADO COM PRESENÇA DE PEDREGULHOS
04	308	LE	0,00	0,05	0,05	REVESTIMENTO	48°10'38.69"O	17°39'0.82"S	CBUQ
			0,05	0,30	0,25	BASE			CASCALHO COM CARACTERÍSTICAS LATERÍTICAS AMARELADO
			0,30	0,41	0,11	SUB-BASE			CASCALHO COM CARACTERÍSTICAS LATERÍTICAS AMARELADO
			0,41	1,50	1,09	SUBLEITO			SOLO AMARELADO COM COMPOSIÇÃO QUARTZOSA
05	403	LD	0,00	0,06	0,06	REVESTIMENTO	48°10'34.46"O	17°38'1.37"S	CBUQ
			0,06	0,22	0,16	BASE			CASCALHO COM CARACTERÍSTICAS LATERÍTICAS AMARELADO
			0,22	0,41	0,19	SUB-BASE			CASCALHO COM CARACTERÍSTICAS LATERÍTICAS AMARRONZADO
			0,41	1,50	1,09	SUBLEITO			SOLO AMARRONZADO COM COMPOSIÇÃO QUARTZOSA

Figura 132 - Boletim de Sondagem. Definição da Estratigrafia e dos Materiais Constituintes do Pavimento Existente (PI-01 a PI-06).

Desta forma, com base nos resultados das prospecções efetuadas pôde-se elaborar o perfil estratigráfico do pavimento existente apresentado a seguir:

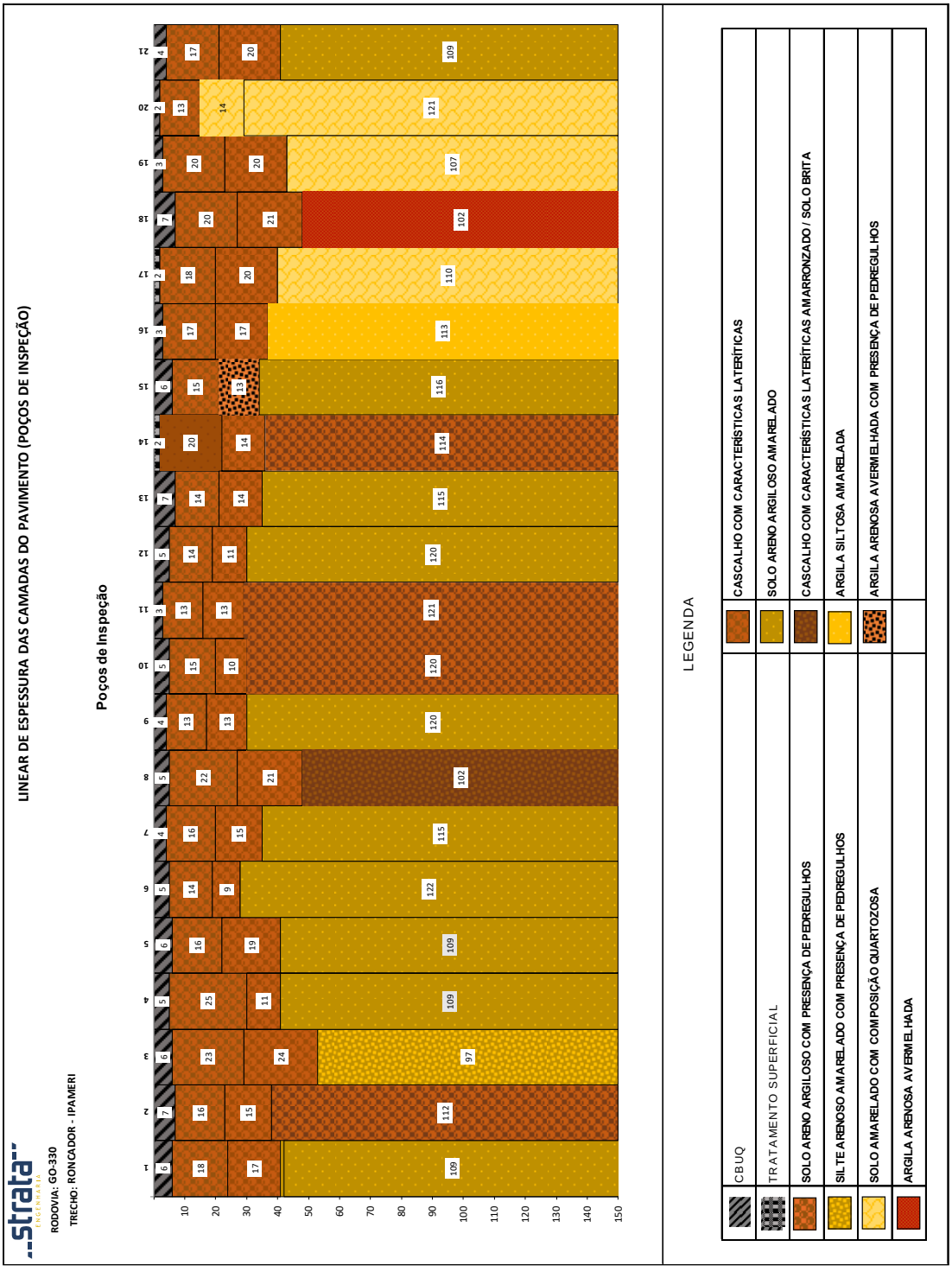


Figura 133 - Perfil Constitutivo do Pavimento Existente – PI-01 a PI-21.

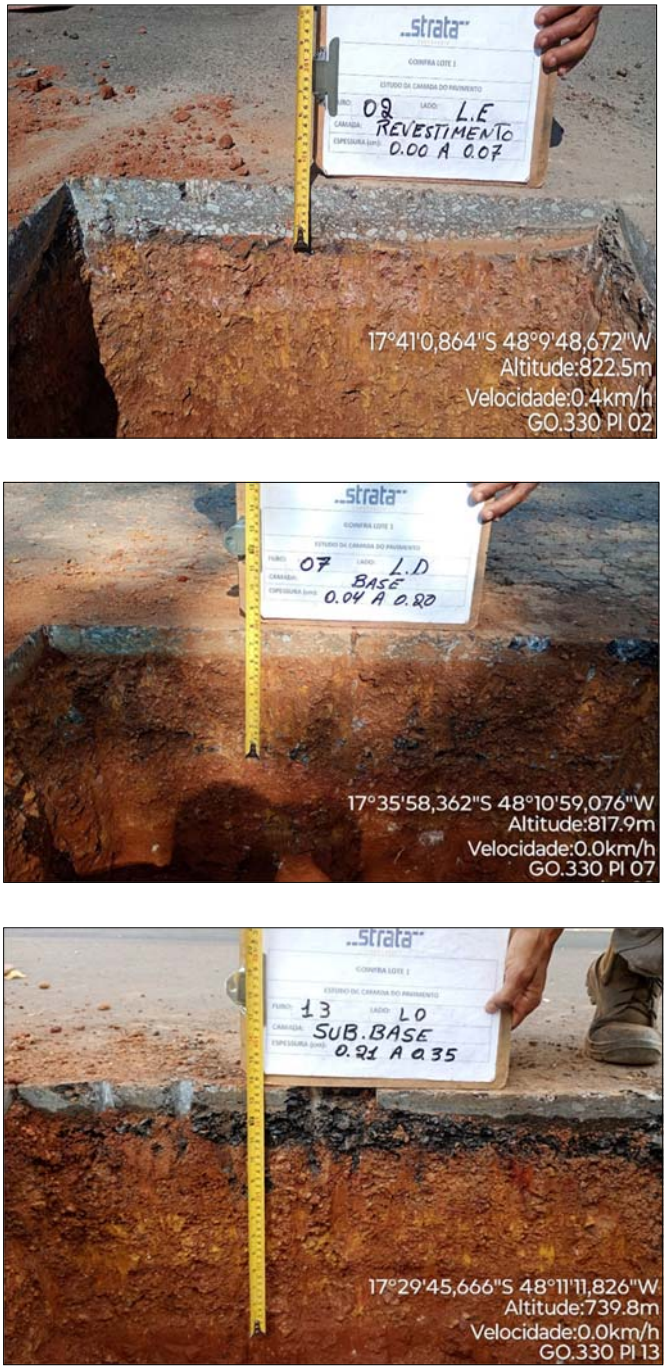


Figura 134 – Exemplos das prospecções geotécnicas executadas no trecho.

4.2.6.5.1.2.Levantamento das Linhas de Influência dos Assentamentos Reversíveis

As linhas de influência dos assentamentos reversíveis foram obtidas através da utilização do equipamento ***Falling Weight Deflectometer – FWD***, calibrado para aplicar uma carga dinâmica de 41 kN (energia potencial gravitacional) para impor ao sistema pavimento – solo de fundação velocidades vibratórias similares àquelas impingidas pelas cargas impostas pelo tráfego comercial usuário; as ondas vibratórias senoidais (velocidade e amplitude) são captadas por 7 geofones, dispostos sob o eixo de aplicação da carga e à distintas distâncias do centro (200, 300, 450, 650, 900 e 1200 mm); os resultados obtidos, após apurado tratamento matemático

(dupla integração) processado pelo "*hardware*" do próprio FWD, definem os valores das deflexões reversíveis máximas verificadas às distintas distâncias.

As medições das linhas de influência com o FWD foram realizados a cada 40 metros contados em uma mesma faixa e a cada 20 m contados em faixas alternadas e os resultados obtidos, gravados em tabelas conforme modelo apresentado a seguir; são apresentadas na Etapa 2 do presente contrato de prestação de serviços; os resultados das medições obtidas pelos 7 geofones – em cada medição da linha de influência –, por faixa de tráfego, foram plotados também em lineares gráficos conforme ilustrado a seguir.

LEVANTAMENTO DEFLECTOMÉTRICO (FWD)

RODOVIA: GO-330 **SENTIDO:** CRESCENTE **FAIXA:** 1

TRECHO: ENTR. GO-020 (PRÓX. RONCADOR) / IPAMERI **EXTENSÃO:** 40,000 km

DISTÂNCIA (km)	ESTACA	PRESSÃO NOM. (kPa)	CARGA NOM. (kN)	TEMPERATURA (°C)		DEFLEXÕES (0.01 mm)							Raio C. (m)	DATA	HORA
				Ar	Sup	D0	D20	D30	D45	D65	D90	D120			
0,000	0	623	44	14	22	53,0	26,6	14,7	7,8	5,0	2,7	2,3	75,8	29/05/2024	12:30:00
0,020	1	635	45	13	22	46,4	27,2	15,8	8,8	5,4	2,9	2,1	104,2	29/05/2024	12:31:00
0,060	3	613	43	13	22	67,7	41,7	25,9	14,5	9,3	6,0	4,7	76,9	29/05/2024	12:32:00
0,100	5	610	43	13	22	62,5	42,4	30,3	20,7	14,4	8,1	5,5	99,5	29/05/2024	12:33:00
0,140	7	614	43	13	22	46,7	32,6	23,3	16,1	11,8	7,0	4,9	141,8	29/05/2024	12:34:00
0,180	9	614	43	13	22	43,2	30,1	23,2	17,0	12,5	7,5	5,4	152,7	29/05/2024	12:34:00
0,220	11	611	43	14	22	48,1	22,9	15,6	11,4	9,2	6,4	5,2	79,4	29/05/2024	12:35:00
0,260	13	613	43	14	21	60,3	39,6	27,6	19,4	14,4	9,0	6,5	96,6	29/05/2024	12:36:00
0,300	15	616	44	14	22	60,4	36,5	24,7	16,0	11,3	7,0	5,1	83,7	29/05/2024	12:36:00
0,340	17	620	44	14	22	60,8	40,3	27,4	19,0	13,7	8,2	5,8	97,6	29/05/2024	12:37:00
0,380	19	580	41	14	21	163,4	119,3	83,7	55,5	37,4	18,7	11,4	45,4	29/05/2024	12:38:00
0,420	21	615	43	14	20	36,7	25,4	16,9	10,1	6,3	3,7	3,2	177,0	29/05/2024	12:38:00
0,460	23	625	44	14	19	33,8	24,4	17,9	12,6	8,7	5,6	3,6	212,8	29/05/2024	12:39:00
0,500	25	616	44	14	18	32,3	23,9	17,7	12,3	9,4	5,8	4,8	238,1	29/05/2024	12:40:00
0,540	27	614	43	14	20	44,3	31,5	23,9	17,7	12,1	7,4	5,4	156,3	29/05/2024	12:40:00
0,580	29	607	43	14	19	48,9	35,0	26,0	18,0	12,9	7,1	5,2	143,9	29/05/2024	12:41:00
0,620	31	613	43	14	20	37,0	27,6	21,4	15,4	11,4	7,0	5,1	212,8	29/05/2024	12:42:00
0,660	33	606	43	14	22	82,6	60,5	44,2	31,0	22,6	13,2	8,7	90,5	29/05/2024	12:42:00
0,700	35	607	43	14	22	82,9	64,5	41,2	24,6	15,8	7,8	6,0	108,7	29/05/2024	12:43:00
0,740	37	609	43	14	22	86,7	62,8	37,2	25,5	17,5	10,2	8,5	83,7	29/05/2024	12:43:00
0,780	39	588	42	14	22	115,4	86,6	55,0	32,9	21,8	11,0	7,3	69,4	29/05/2024	12:44:00
0,820	41	597	42	14	22	106,1	75,0	50,7	28,8	18,2	10,5	7,5	64,3	29/05/2024	12:45:00
0,860	43	581	41	14	22	119,2	82,5	54,0	35,8	23,9	11,8	7,9	54,5	29/05/2024	12:45:00
0,900	45	577	41	14	22	130,6	98,6	72,0	43,8	29,2	14,9	9,8	62,5	29/05/2024	12:46:00
0,940	47	587	41	14	22	107,5	84,7	56,6	36,7	26,5	14,7	10,8	87,7	29/05/2024	12:47:00
0,980	49	593	42	14	22	109,0	73,2	49,8	33,2	22,8	11,1	8,1	55,9	29/05/2024	12:48:00
1,020	51	604	43	14	22	78,1	53,0	36,8	24,1	18,8	12,2	8,2	79,7	29/05/2024	12:49:00

Figura 135 – Dados deflectométricos (FWD) já processados.

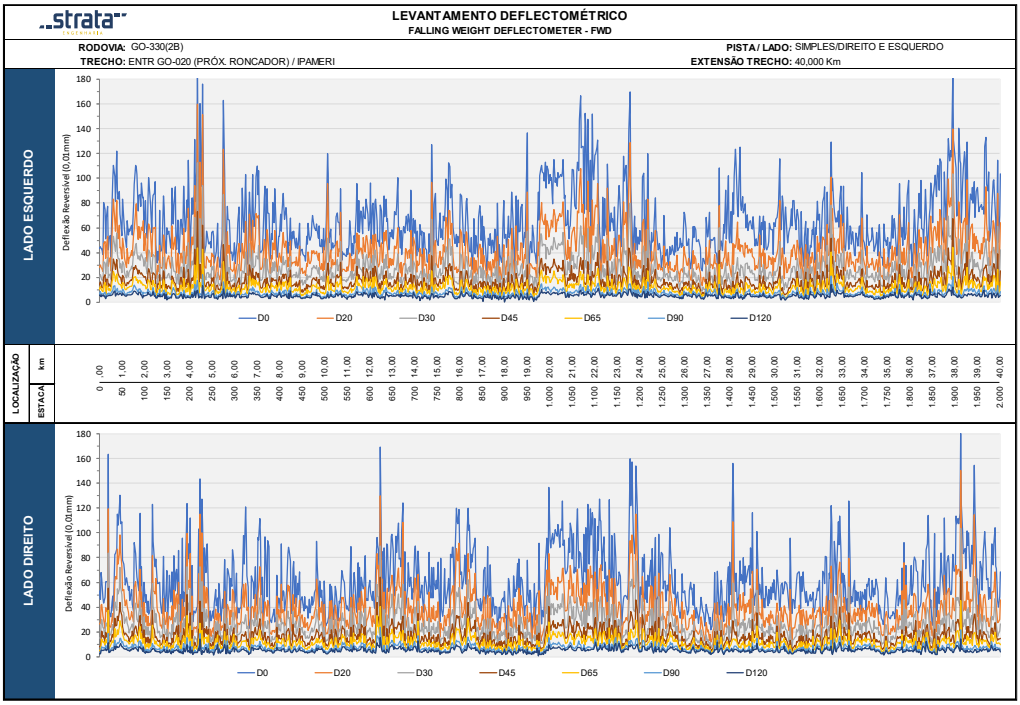


Figura 136 - Representação gráfica das deflexões reversíveis obtidas através do FWD pelos 7 Geofones.

As retroanálises de todas as linhas de influência experimentais medidas foram processadas através do programa computacional denominado ***RetroStrata***, desenvolvido no âmbito da empresa com base na Teoria da Elasticidade aplicada a sistemas estratificados carregados exteriormente; as espessuras das camadas consideradas na definição dos perfis constitutivos – revestimento, base e sub-base – foram aquelas detectadas através das sondagens de poço em cada segmento.

Complementarmente, com o objetivo maior de se poder avaliar mais adequadamente o comportamento reológico das misturas asfálticas existentes destinadas à constituição dos reforços de pavimento a serem aplicados, foram procedidas medições das temperaturas do revestimento (termômetros ultrassensíveis, do tipo emissor-captador de luz infravermelha) e do ar ambiente, os quais compõem o FWD; no presente caso, os levantamento foram executados entre as 08:00h e as 17:00h; os resultados obtidos foram gravados em mídia magnética e plotados em lineares gráficos também apresentados a seguir:

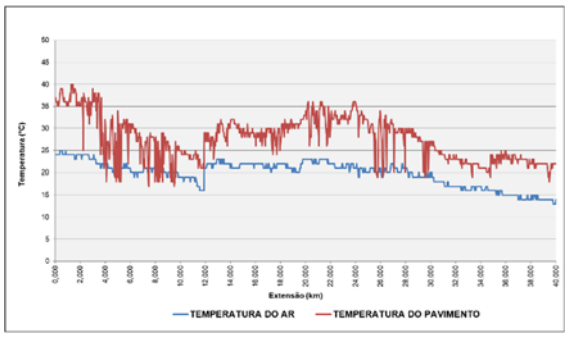
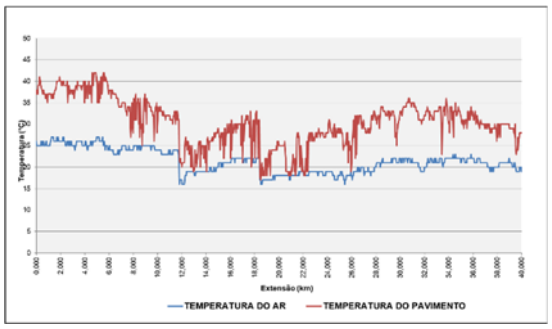
TEMPERATURAS DO AR AMBIENTE E DO PAVIMENTO	
PISTA SIMPLES	
Lado Esquerdo	Lado Direito
	

Figura 137 - Representação gráfica das temperaturas do ar e do pavimento medidas pelo FWD.

4.2.6.5.2. Diagnóstico Estrutural do Pavimento

A interpretação das linhas de influência dos assentamentos reversíveis é processada através de um artifício matemático que consiste em pesquisar, na Teoria da Elasticidade aplicada a sistemas estratificados carregados à superfície, linhas de influência teóricas iguais ou substancialmente similares às linhas experimentais; quando a superposição de ambas as linhas é perfeita, sob as mesmas condições de carregamento, infere-se que as grandezas definidas pela teoria – número de camadas, espessuras, valores modulares e coeficientes de Poisson – são representativas do sistema existente.

Assim, considerando que a retroanálise constitui um processo de interpretação teórica, torna-se fundamentalmente importante se ter em conta que os valores modulares obtidos devem ser interpretados de forma analítica, como representantes de uma "estrutura de trabalho equivalente". Destarte, não devem ser vinculados, obrigatoriamente, a valores modulares dos mesmos materiais obtidos em laboratório, primeiro porque em um sistema estratificado os materiais trabalham de forma consorciada, conjunta e solidária e segundo, porque a teoria desconhece, solenemente, o que é revestimento asfáltico, brita graduada, cascalhos lateríticos, etc.

Realça ainda esse alerta o fato de que os cálculos processados em termos de avaliação estrutural serem procedidos contemplando um sistema estratificado, com as camadas trabalhando de formas combinadas e solidárias, condição que estabelece, por si, uma diferenciação natural entre os valores modulares obtidos através de ensaios laboratoriais; os resultados obtidos a partir de retroanálises de linhas de influência experimentais – medidas no campo – traduzem, na realidade, uma "estrutura de trabalho equivalente", a qual externa um trabalho comportamental similar àquele desenvolvido pela estrutura composta pelo conjunto pavimento – solo de fundação existente.

Entretanto, julga-se que resultados obtidos a partir da obtenção de estruturas teóricas similares, quando devidamente analisados, auxiliam enormemente na interpretação de sistemas estratificados reais. A analogia entre os comportamentos teóricos e reais pode conduzir a soluções consistentes e elucidativas e/ou explicar particularidades importantes, tal como a existência / ausência do "fenômeno da solidariedade" em sistemas estratificados, o qual se materializa, de forma magnânima, quando as camadas constitutivas do sistema são compostas com materiais externando gradientes de nobreza crescentes – no sentido da superfície – de forma gradativa, sem variações bruscas e/ou grandes disparidades; a sua inexistência se verifica

em sistemas que externam transições de nobreza excessivas e agressivas entre duas camadas consecutivas, as quais apresentam diferenças modulares muito elevadas, notadamente quando a camada superior apresenta módulos substancialmente mais elevados que aqueles pertinentes à camada inferior.

Assim, embora se trate de uma ótica incomum (desconhecida), é preciso que cada camada inferior assuma o compromisso extra de "sustentar" condignamente a camada superior, garantindo-lhe condições para exercer, com plenitude, a função estrutural para a qual foi concebida, sem se submeter a regimes de trabalhos forçados. Desse modo, de forma complementar, ainda no âmbito da metodologia Paragon, julgou de grande importância avaliar a contribuição de cada camada constituinte e do solo de fundação na deformabilidade imposta ao pavimento pelas cargas exteriores.

Análises análogas permitem ainda avaliações conjecturais sobre o comportamento específico de cada camada constituinte quando disposta no seio de uma estrutura estratificada, permitindo avaliar a obediência ao princípio original de composição de um pavimento: o arranjo estratificado composto com materiais que apresentem gradientes de nobreza crescentes no sentido da superfície, ou seja, tanto mais nobres quanto mais próximos às cargas atuantes.

Vislumbradas sobre esse princípio conceptivo, cabem às camadas superiores absorver as maiores parcelas da carga atuante e distribuir a fração restante para as camadas inferiores, menos nobres, processo iterativo que se desenvolve até que ao componente final, o solo de fundação. Toda essa fundamentação se baseia na proposição básica de se aliviar o solo de fundação, o qual, por constituir o componente mais frágil do sistema – motivo da existência do pavimento – constitui o material que mais contribui, em tese, na deformabilidade do sistema quando carregado exteriormente.

Entretanto, em que pese a virtude dessa premissa original, estudos fundamentados em análises tensionais de pavimentos evidenciam condições de contribuição nem sempre respeitantes a essa regra conceptiva, se alterando, de forma notável, consoante a qualificação das camadas inferiores. Exemplo prático dessa afirmativa se dá quando todas as camadas do pavimento e o solo de fundação externam qualificações excepcionais – elevados módulos de elasticidade –, condição que impõe à camada de base, por se situar diretamente sob as condições de carga, a maior contribuição na deformabilidade sofrida pelo pavimento carregado.

Assim, enquanto num pavimento – solo de fundação composto por materiais tradicionais, a contribuição do solo de fundação na deformabilidade é da ordem de 60% (a camada de base com cerca de 25%), o condicionamento se inverte totalmente se substituídos os materiais do solo de fundação e de camada sub-base por materiais mais nobres, externando valores modulares mais elevados: nesse caso, a camada de base passa a responder por cerca de 50 % (solo de fundação com cerca de 30%) na deformabilidade do conjunto carregado.

Dessa forma, o diagnóstico estrutural do pavimento se lavra através da análise conjunta dos valores modulares das camadas constituintes e do solo de fundação determinados pelas retroanálises e das respectivas contribuições nos valores da deformabilidade experimentada pela estrutura quando carregada exteriormente. O procedimento básico inicia-se com a análise individual de cada valor modular e das contribuições na deformabilidade, estratagema que permite estabelecer a sequência dos distintos intervalos de amplitude estruturais que se apresentam sequencialmente, os quais são, em seguida, analisados em conjunto. As divisas fronteiriças que estabelecem as composições espectrais homogêneas das distintas variáveis,

definem os distintos comportamentos estruturais que compõem o sistema ao longo de todo o trecho.

Os resultados das retroanálises e contribuições na deformabilidade obtidos foram gravados em tabelas como a apresentada no modelo a seguir, as quais são apresentadas como anexo ao ***Projeto de Pavimentação***. Paralelamente, com o objetivo de propiciar maior sensibilidade nas análises das magnitudes e das variações modulares e contribuições ao longo de todo o trecho, julgou-se interessante promover suas representações sob forma gráfica – lineares sinópticos – artifício que propicia promover a divisão dos segmentos que externam magnitudes particulares, distintos daqueles que o antecedem e sucedem; a definição dos segmentos dotados de predicados próprios estabelece os distintos diagnósticos estruturais.

RESULTADOS DAS LINHAS DE INFLUÊNCIA - RETROANÁLISE

RODOVIA: GO-330 (2B) **PISTA/LADO:** SIMPLES / LADO DIREITO
TRECHO: ENTR GO-352- IPAMERI / ENTR GO-020 **EXTENSÃO TRECHO:** 40,000 km

POSIÇÃO	DEFLEXÕES REVERSÍVEIS (10^{-2} mm)							REVESTIMENTO				BASE				SUB-BASE				SUBLEITO			
(km)	D0	D20	D30	D45	D60	D90	D120	H (cm)	C.P.	E (kgf/cm²)	Inf. (%)	H (cm)	C.P.	E (kgf/cm²)	Inf. (%)	H (cm)	C.P.	E (kgf/cm²)	Inf. (%)	H (cm)	C.P.	E (kgf/cm²)	Inf. (%)
0,000	53,00	24,00	15,30	8,80	5,70	2,90	1,80	5,5	0,30	25.994	1,5	19,5	0,35	1.754	60,1	20,0	60,14	3.075	19,1	0,0	0,40	2.355	13,5
0,020	46,40	25,30	16,60	9,50	6,00	3,00	1,80	6,0	0,30	24.880	1,9	18,5	0,35	2.805	44,6	20,0	44,55	2.665	22,1	0,0	0,40	2.474	15,5
0,060	67,70	38,30	26,60	16,50	11,10	6,00	3,80	5,5	0,30	29.192	1,0	17,0	0,35	1.520	46,1	16,0	46,08	1.515	33,7	0,0	0,40	2.392	19,8
0,100	62,50	41,60	31,20	20,80	14,60	8,20	5,30	6,0	0,30	24.703	1,2	18,0	0,35	2.229	37,3	17,0	37,26	2.245	35,4	0,0	0,40	1.482	26,1
0,140	46,70	31,60	24,20	16,60	12,00	7,00	4,60	7,0	0,30	29.680	1,6	18,0	0,35	2.996	32,0	16,0	31,99	1.499	30,5	0,0	0,40	1.952	20,1
0,180	43,20	29,90	23,50	16,80	12,50	7,70	5,30	7,0	0,30	37.759	0,9	20,0	0,35	3.184	31,1	16,0	31,11	1.507	27,9	0,0	0,40	1.817	19,5
0,220	48,10	21,60	16,50	12,00	9,40	6,50	4,90	5,0	0,30	20.270	1,5	20,0	0,35	2.968	38,6	20,0	38,62	3.010	25,6	0,0	0,40	1.822	19,1
0,260	60,30	38,00	29,00	20,10	14,80	9,00	6,10	6,0	0,30	25.056	1,2	18,0	0,35	2.241	37,5	17,0	37,48	2.254	34,9	0,0	0,40	1.518	25,6
0,300	60,40	34,90	25,50	16,90	12,00	7,00	4,70	6,0	0,30	25.059	1,2	18,0	0,35	2.280	37,2	17,0	37,17	2.206	34,8	0,0	0,40	1.529	25,4
0,340	60,80	38,70	29,00	19,60	14,00	8,20	5,50	6,0	0,30	25.324	1,2	18,0	0,35	2.212	37,8	17,0	37,77	2.286	34,8	0,0	0,40	1.520	25,6
0,380	163,40	117,40	87,20	55,40	36,80	18,90	11,20	7,0	0,30	29.312	0,4	16,0	0,35	1.628	38,6	14,0	38,59	1.977	99,1	0,0	0,40	1.618	58,4
0,420	36,70	23,80	17,30	11,00	7,50	4,00	2,50	7,0	0,30	38.364	1,7	20,0	0,35	2.948	42,8	20,0	42,82	2.959	19,7	0,0	0,40	2.499	14,1
0,460	33,80	23,80	18,50	12,80	9,20	5,40	3,50	7,0	0,30	49.615	0,7	20,0	0,35	3.452	33,7	17,0	33,73	2.228	20,6	0,0	0,40	2.444	14,4
0,500	32,30	22,90	18,20	13,20	9,90	6,10	4,20	7,0	0,30	49.010	0,8	20,0	0,35	3.422	28,6	17,5	28,64	1.588	22,0	0,0	0,40	2.399	14,2
0,540	44,30	31,10	24,40	17,20	12,70	7,60	5,10	7,0	0,30	50.121	0,8	20,0	0,35	2.926	31,6	16,0	31,61	1.469	28,7	0,0	0,40	1.768	20,1
0,580	48,90	34,40	26,50	18,20	13,00	7,50	4,90	7,0	0,30	46.236	0,9	18,0	0,35	2.681	29,7	15,0	29,73	1.117	33,2	0,0	0,40	1.783	21,8
0,620	37,00	27,10	21,70	15,70	11,70	7,10	4,80	7,0	0,30	49.074	0,6	20,0	0,35	3.306	30,5	17,0	30,54	2.234	24,2	0,0	0,40	1.822	18,1
0,660	82,60	59,10	45,90	31,70	22,70	13,10	8,50	5,5	0,30	29.989	0,6	17,0	0,35	1.493	35,4	16,0	35,38	1.507	52,0	0,0	0,40	1.426	38,6
0,700	82,90	60,60	44,30	27,20	17,40	8,40	4,80	7,0	0,30	29.237	1,0	16,0	0,35	1.027	43,7	15,0	43,70	845	44,4	0,0	0,40	1.813	25,7

Figura 138 - Planilha modelo dos resultados das linhas de Influência, Resultados das Retroanálises e contribuição das camadas nos valores das deflexões reversíveis máximas.

A divisão compartimentada das grandezas foi promovida por um processo de "decoupage", o qual permite a definição de intervalos de amplitude ditados pelas variações sequenciais definidas com base na acuidade visual e na experiência profissional, não sendo definido por regras rígidas nem fáceis de se definir. Os distintos comportamentos estruturais do pavimento são determinados pela homogeneidade dos valores modulares das camadas constitutivas e do solo de fundação, afiançados pela igualdade de suas contribuições nos valores da deformabilidade elástica; cada diferenciação individual determina uma subdivisão na segmentação do conjunto.

Na etapa final, promove-se o cotejamento entre os segmentos sequenciais com o objetivo de, contemplando a análise espectral, definir diagnósticos estruturais que externam grande identidade, ao ponto de serem considerados similares ou mesmo idênticos; todo esse arcabouço técnico é processado por faixa de tráfego individualizada.

Os resultados obtidos, dispostos em lineares gráficos, e as análise e interpretações processadas serão descritos nos subtópicos a seguir.

4.2.6.5.3. Análise e Interpretação dos Diagnósticos Estruturais

No encadeamento das análises processadas, foram adotados quatro procedimentos básicos:

- a divisão de cada variável considerada – valores modulares e contribuição na deformabilidade – em segmentos caracterizados por intervalos nos quais as amplitudes de variação são homogêneas, por faixa de tráfego;

- o cotejamento entre os comportamentos estruturais externados pelo pavimento em ambas as faixas de tráfego, locais e sequenciais, ocorrentes ao longo do trecho, procedimento que se fundamentou na análise das magnitudes das variáveis (intervalos de amplitude) e no posicionamento das fronteiras estabelecidas para cada faixa de tráfego;

- o cotejamento entre os intervalos homogêneos definidos ao longo do trecho comparando as magnitudes externadas pelas distintas variáveis – por faixa de tráfego –, seguido de análises de similaridade, ou seja, da existência de identidades análogas e, finalizando,

- análise e interpretação dos comportamentos estruturais externados por cada conjunto de segmentos homogêneos, contemplado as magnitudes – individuais e conjuntamente – dos valores modulares e das contribuições dos componentes na deformabilidade expressa pelo sistema quando solicitado exteriormente.

Com base na análise e interpretação dos valores modulares e das contribuições de cada camada e do solo de fundação na deformabilidade experimentada pelo pavimento carregado, verificou-se primeiramente que os pavimentos de ambas as faixas de tráfego externam comportamentos estruturais diferentes, assertiva que fica evidente na comparação sequencial dos intervalos de amplitude das variáveis contempladas.

Dessa forma, foi realizada a análise do comportamento estrutural das faixas de maneira separada, considerando o lado esquerdo e o lado direito.

Lado Esquerdo

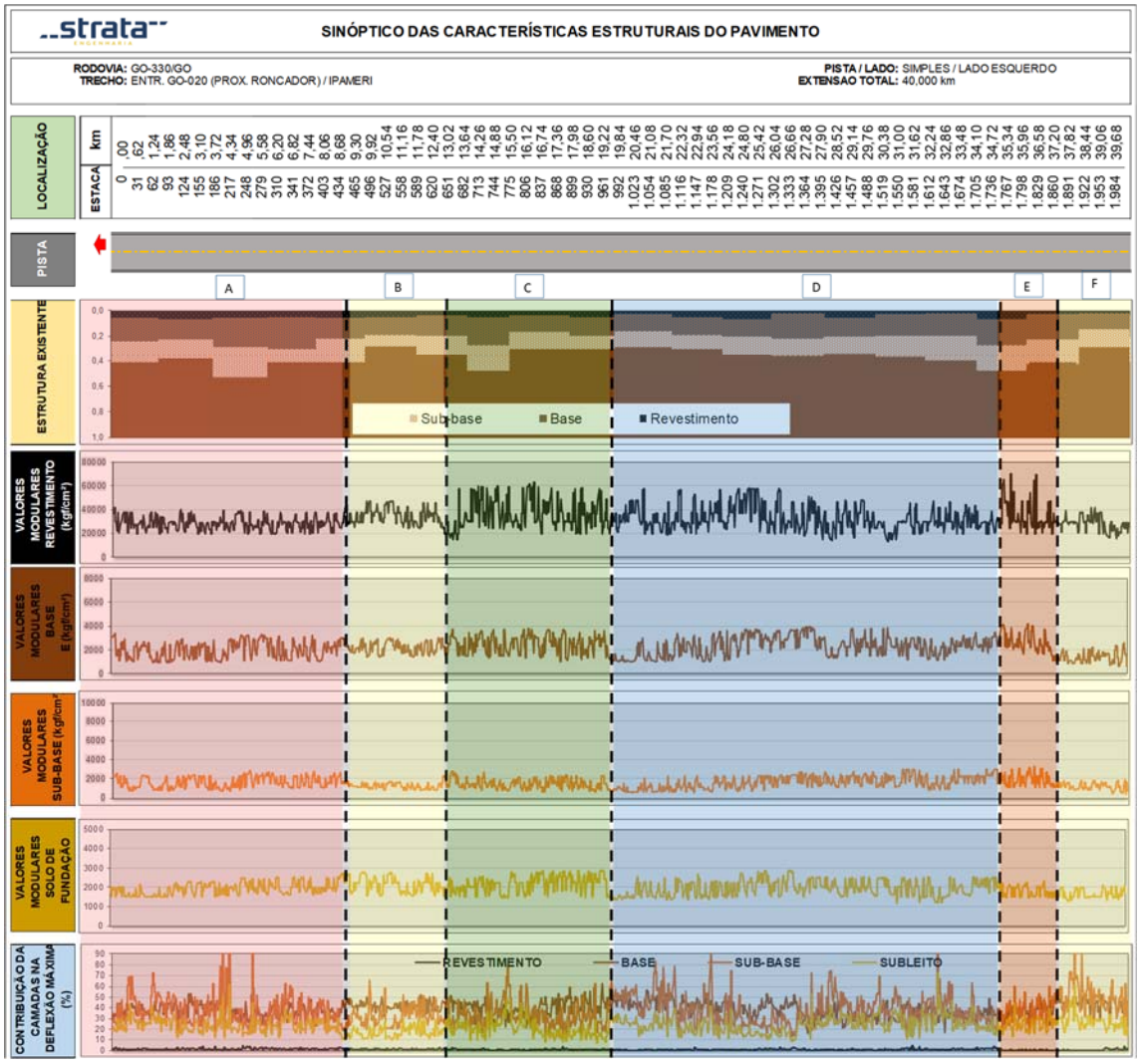


Figura 139 - Identificação dos comportamentos similares e cotejamento entre os resultados – LE.

- **Segmento A (sombreamento Avermelhado)**:

  O pavimento neste segmento é o que exibe um comportamento estrutural mais deficiente quando comparado aos demais, traduzido por valores modulares não muito elevados, principalmente nas camadas granulares; nesse segmento o revestimento asfáltico externa valores modulares que giram em torno de uma média de 28.000 kgf/cm². Já as camadas granulares externam valores de em média 2.000 kgf/cm² para a base e 1.500 kgf/cm² para a sub-base. Já o solo de fundação externa um valor modular médio de 2.000 kgf/cm². Os valores supracitados indicam que, embora o trecho seja deficiente em comparação com outros segmentos, seu comportamento estrutural é satisfatório. Além disso, destaca-se que o solo de fundação apresenta valores modulares próximos aos das camadas granulares, o que influencia diretamente na contribuição dessa camada para a deflexão.

  Quanto à contribuição de cada camada na deformabilidade do pavimento, verifica-se que, conforme esperado, o revestimento – sendo o material mais nobre do pavimento – apresenta a menor contribuição para as deflexões, com 1,4%. No entanto, o padrão de

distribuição das contribuições esperado para um sistema bem dimensionado não foi observado nas camadas granulares e no solo de fundação, pois este último deveria apresentar a maior contribuição. Observou-se, em média, uma contribuição de 40% da base, 37% da sub-base e 20% do solo de fundação.

- **Segmentos B e F (sombreamento Amarelado)**:

  De forma semelhante ao segmento anterior, os trechos com sombreamento amarelado também apresentam um comportamento deficiente. O revestimento asfáltico nesses segmentos possui um valor modular médio de 30.000 kgf/cm². A camada de base e o solo de fundação apresentam valores modulares variando entre 1.500 e 2.000 kgf/cm², enquanto a sub-base possui um valor médio de 1.200 kgf/cm².

  Em relação às contribuições, observa-se, também, um padrão semelhante ao do segmento anterior, com o revestimento apresentando uma contribuição de 1,1%, a base de 40%, a sub-base de 32% e o solo de fundação de 17%. Esse comportamento também se distancia do esperado para um pavimento bem dimensionado, uma vez que a contribuição das camadas granulares é significativamente superior à do solo de fundação.

- **Segmento C (sombreamento Esverdeado)**:

  Diferentemente dos segmentos anteriores, o segmento atual apresenta valores modulares ligeiramente superiores. O revestimento asfáltico apresenta um valor médio de 35.000 kgf/cm². As camadas granulares possuem valores de 2.500 kgf/cm² para a base e 1.500 kgf/cm² para a sub-base. Já o solo de fundação apresenta um valor médio de 2.200 kgf/cm². Dessa forma, observa-se um comportamento mais satisfatório do pavimento se observados apenas os módulos de resiliência.

  As contribuições das camadas para a deflexão apresentaram um padrão semelhante aos segmentos anteriores, com o solo de fundação exibindo uma contribuição inferior às camadas granulares, o que não é esperado em um pavimento bem dimensionado. Assim, a contribuição observada foi de 0,8% para o revestimento asfáltico, 40% para a base, 34% para a sub-base e 20% para o solo de fundação.

- **Segmento D (sombreamento Azulado)**:

  Neste segmento, o revestimento asfáltico possui um valor médio de 32.000 kgf/cm², enquanto as camadas granulares apresentam 2.300 kgf/cm² para a base e 1.600 kgf/cm² para a sub-base. O solo de fundação, por sua vez, tem um valor médio de 2.000 kgf/cm². Com isso, nota-se um desempenho mais adequado do pavimento quando se analisam apenas os módulos de resiliência.

  As contribuições das camadas para a deflexão mostraram que o revestimento asfáltico apresentou uma contribuição dentro do esperado para o padrão, com 0,9%. No entanto, as camadas granulares apresentaram resultados atípicos, com 37% para a base, 38% para a sub-base e 24% para o solo de fundação, indicando um comportamento que não condiz com o esperado em um pavimento bem dimensionado.

- **Segmento E (sombreamento Alaranjado)**:

  Neste segmento, o revestimento asfáltico possui um valor médio de 35.000 kgf/cm², enquanto as camadas granulares apresentam 2.700 kgf/cm² para a base e 2.000 kgf/cm² para a sub-base. O solo de fundação, por sua vez, tem um valor médio de 1.800 kgf/cm². Com isso, nota-se um desempenho mais adequado do pavimento quando se analisam apenas os módulos de resiliência.

  As contribuições das camadas para a deflexão apresentaram um padrão distinto, com o revestimento asfáltico contribuindo com 0,5%. Por outro lado, as camadas granulares mostraram uma contribuição elevada, com 36% para a base e para a sub-base, e 24% para o solo de fundação, o que indica uma distribuição atípica e não condizente com um pavimento adequadamente dimensionado.

É exposto a seguir um resumo com os intervalos dos segmentos apresentados:

SEGMENTO	ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	Km INICIAL	Km FINAL	EXTENSÃO (km)
A	0	434	0,000	8,680	8,680
B	434	651	8,680	13,020	4,340
C	651	961	13,020	19,220	6,200
D	961	1736	19,220	34,720	15,500
E	1736	1860	34,720	37,200	2,480
F	1860	2000	37,200	40,000	2,800

Figura 140 - Definição dos segmentos de comportamentos estruturais similares e respectivos intervalos de ocorrência (Lado Esquerdo).

Lado Direito

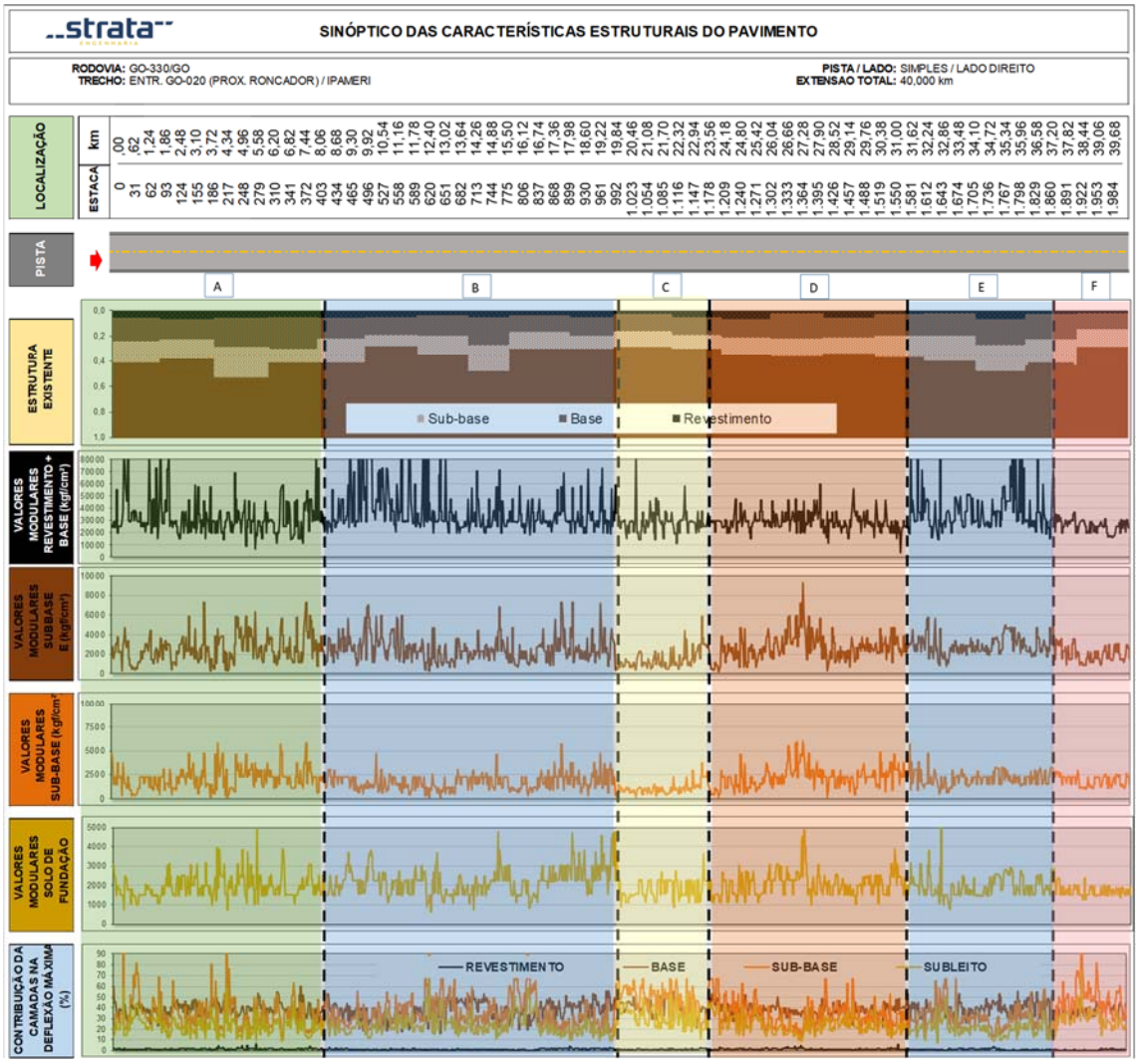


Figura 141 - Identificação dos comportamentos similares e cotejamento entre os resultados – LD.

- **Segmento A (sombreamento Esverdeado)**:

O segmento em análise apresenta um bom comportamento quando analisados somente os módulos de resiliência. O revestimento asfáltico apresenta um valor médio de 33.000 kgf/cm², já as camadas granulares apresentam valores que variam entre 2.100 e 2.500 kgf/cm², considerados satisfatórios para a base e a sub-base. O solo de fundação, por sua vez, apresenta um valor médio de 2.000 kgf/cm².

No que se refere às contribuições das camadas, observa-se um padrão semelhante ao do lado esquerdo, no qual as camadas granulares apresentam contribuições superiores à do solo de fundação, o que não é o comportamento esperado. Assim, a distribuição das contribuições é de 1,3% para o revestimento, 39% para a base, 35% para a sub-base e 23% para o solo de fundação.

- **Segmentos B e E (sombreamento Azulado)**:

O segmento analisado apresenta os maiores módulos do trecho avaliado, indicando um melhor desempenho estrutural em relação aos demais. O revestimento asfáltico possui

um valor médio de 38.000 kgf/cm². As camadas granulares também apresentam valores satisfatórios, com 2.500 kgf/cm² para a base e 1.900 kgf/cm² para a sub-base. O solo de fundação, por sua vez, apresenta um valor médio de 2.000 kgf/cm². Esses valores refletem um comportamento estrutural mais adequado dentro do trecho analisado.

O comportamento observado no trecho anterior se mantém, com as camadas granulares apresentando contribuições superiores à do solo de fundação, o que diverge do esperado para um pavimento adequadamente dimensionado. Nesse contexto, as contribuições foram de 1% para o revestimento, 38% para a base, 34% para a sub-base e 21% para o solo de fundação.

- **Segmento C (sombreamento Amarelado)**:

O segmento analisado apresenta os menores valores modulares para as camadas granulares em relação aos demais trechos, o que pode indicar uma menor capacidade de suporte dessas camadas. O revestimento asfáltico possui um valor médio de 30.000 kgf/cm², enquanto a base e a sub-base apresentam os menores valores registrados, com 1.300 kgf/cm² e 1.000 kgf/cm², respectivamente. O solo de fundação, por sua vez, apresenta um valor médio de 1.700 kgf/cm², superior ao da sub-base, o que reforça a inconsistência no comportamento estrutural do pavimento.

O comportamento observado neste segmento indica uma distribuição atípica das contribuições das camadas para a deflexão, com as camadas granulares assumindo uma parcela significativamente superior à do solo de fundação, o que não é esperado em um pavimento bem dimensionado. As contribuições registradas foram de 0,8% para o revestimento, 41% para a base, 49% para a sub-base e 32% para o solo de fundação.

- **Segmento D (sombreamento Alaranjado)**:

O segmento analisado apresenta valores modulares compatíveis com os demais trechos, indicando um desempenho estrutural dentro do esperado. O revestimento asfáltico possui um valor médio de 30.000 kgf/cm², enquanto as camadas granulares apresentam 2.700 kgf/cm² para a base e 2.300 kgf/cm² para a sub-base. O solo de fundação, por sua vez, apresenta um valor médio de 2.000 kgf/cm², contribuindo para a estabilidade do pavimento.

O segmento analisado mantém o padrão observado em trechos anteriores, com as camadas granulares apresentando contribuições superiores à do solo de fundação. As contribuições registradas foram de 1,2% para o revestimento, 38% para a base, 34% para a sub-base e 24% para o solo de fundação.

- **Segmento F (sombreamento Avermelhado)**:

O segmento analisado apresenta o menor valor modular para o revestimento asfáltico em comparação com os demais trechos, o que pode indicar uma menor rigidez da camada superficial. O revestimento possui um valor médio de 27.000 kgf/cm², enquanto a base e a sub-base apresentam 2.100 kgf/cm² e 2.000 kgf/cm², respectivamente. O solo de fundação, por sua vez, apresenta um valor médio de 1.700 kgf/cm², refletindo um comportamento estrutural menos favorável.

O padrão observado neste segmento demonstra uma distribuição das contribuições das camadas que, embora dentro do esperado, apresenta uma maior participação das camadas granulares em relação ao solo de fundação. As contribuições registradas foram de 0,6% para o revestimento, 37% para a base, 46% para a sub-base e 29% para o solo de fundação, refletindo uma contribuição mais expressiva das camadas de base e sub-base no comportamento do pavimento.

É exposto a seguir um resumo com os intervalos dos segmentos apresentados:

SEGMENTO	ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	Km INICIAL	Km FINAL	EXTENSÃO (km)
A	0	408	0,000	8,160	8,160
B	408	986	8,160	19,720	11,560
C	986	1156	19,720	23,120	3,400
D	1156	1564	23,120	31,280	8,160
E	1564	1836	31,280	36,720	5,440
F	1836	2000	36,720	40,000	3,280

Figura 142 - Definição dos segmentos de comportamentos estruturais similares e respectivos intervalos de ocorrência (Lado Direito).

4.2.6.6.Cotejamento Entre os Diagnósticos Funcional e Estrutural da Metodologia Paragon

Conforme vem de se expor, a metodologia de avaliação de pavimentos Paragon se compõe em duas células másteres:

- a ***avaliação funcional***, que se propõe a definir os "***estados de sanidade***" do pavimento, ou seja, estabelecer o seu ***diagnóstico funcional*** e,

- a ***avaliação estrutural***, que se propõe a determinar as características definidoras da estrutura – ***número, espessura e valores modulares das camadas constitutivas e do solo de fundação*** – que permitem promover o seu ***diagnóstico estrutural***,

As ***avaliações funcionais*** se fundamentam no inventário da superfície dos pavimentos, no qual se identificam as diferentes manifestações de ruína existentes, contabilizando-as, às quais se somam medições de parâmetros de comportamento funcional, traduzidos pelas malformações longitudinais e transversais; o agrupamento destas características permite definir os estados de sanidade – ou o ***diagnóstico funcional*** – externados pelo pavimento estaca por estaca.

As ***avaliações estruturais*** se propõem a definir o sistema composto pelo pavimento – solo de fundação como uma estrutura, proposição esta que demanda a definição da estratificação e a determinação dos valores modulares e coeficientes de Poisson das camadas constitutivas e do solo de fundação, grandezas que traduzem o comportamento – ***diagnóstico estrutural*** – do pavimento estaca por estaca. Para o efeito, promove-se a determinação perfil constitutivo (número e espessura das camadas) do pavimento e das linhas de influência dos assentamentos reversíveis impostos pelas cargas solicitantes, características que aliadas propiciam a determinação dos módulos de elasticidade das camadas e do solo de fundação.

Em que pesem as diferenças dos procedimentos, é de se esperar que o espectro comportamental de um pavimento esteja abarcado ou envolto pelo mesmo manto, ou seja, tem de haver uma vinculação simbiótica – ***vida comum com o outro*** – extraordinária, traduzida por uma harmonia plena entre os distintos diagnósticos que justifique suas coexistências; não há como se avaliar uma estrutura, por quaisquer que sejam os processos e deles se depreender diagnósticos diferentes e/ou antagônicos. No caso específico dos pavimentos rodoviários tem-se em mente que as malformações externadas à superfície decorrem, seguramente, de falhas comportamentais verificadas no sistema estratificado composto pelas camadas constituintes do pavimento e pelo solo de fundação; complementarmente, tem se também em conta que a deformabilidade de uma estrutura está umbilicalmente ligada ao comportamento do sistema sob a ação das cargas externas.

Assim considerando, julga-se importante comparar os resultados cotejando os estados de sanidade determinados nas avaliações funcionais – ***diagnóstico funcional*** – com os valores modulares das camadas constitutivas e do solo de fundação e suas respectivas contribuições na deformabilidade do sistema – ***diagnóstico estrutural*** – haja vista que, para além da crença na existência de um transtorno de identidade associativa – identidade plena – julga-se que os diagnósticos devem se interagir e se complementarem mutuamente nas definições das patologias, nas análises de suas causas mais prováveis e de seus processos evolutivos.

No caso do pavimento em questão, verificou-se inicialmente que o diagnóstico funcional indicou uma predominância absoluta de estados de sanidade "péssimo" e "mau", apesar da presença de algumas inserções pontuais em melhores condições. Por outro lado, do ponto de

vista estrutural, o pavimento foi segmentado em seis grandes trechos homogêneos em ambos os lados, o que, a princípio, representa uma desconformidade.

As análises realizadas sobre essa desconformidade apontaram que os principais defeitos observados são os trincamentos FC-2 e FC-3, além dos afundamentos por consolidação. Destaca-se que esses afundamentos decorrem do fenômeno de cisalhamento da camada de base, caracterizado por deformações bem definidas e acentuadas na superfície, particularmente nas trilhas de roda. Esse fenômeno tem origem nas camadas granulares, com predominância na base, e resulta na degradação integral do revestimento asfáltico, que apresenta um elevado grau de fissuração. No trecho em análise, observou-se que os locais com afundamentos coincidem com as áreas fissuradas, reforçando essa correlação.

Ainda, no que tange aos trincamentos devido aos processos de fadiga, vale lembrar a existência de um agravante bastante indesejável, que se traduz pela elevada contribuição da camada de base na deformabilidade sofrida pelo pavimento quando carregado exteriormente – da ordem dos 40% – ocorrente em função da alta qualificação dos materiais subjacentes – camada de sub-base e solo de fundação externando módulos de elasticidade de elevadas magnitudes – condicionamento que impõe à camada de base a maior responsabilidade na deformabilidade, exatamente por se dispor mais próxima às cargas superficiais.

Contribuindo mais na deformabilidade, a camada de base, fletindo mais, responde pelo desenvolvimento de tensões de tração mais elevadas na face inferior da camada de revestimento asfáltico, as quais, respondem pela imposição de um regime de tração forçada, extremamente indesejável. No caso presente, mesmo que as deflexões reversíveis máximas vigentes não sejam extremamente elevadas – dispostas em torno de $60x10^{-2}$mm – seguro se torna afirma que respondem por uma potencialização do processo de fadiga das camadas asfálticas sobrepostas.

Os resultados obtidos, considerando ambos os diagnósticos funcional e estrutural, são ilustrados nos lineares sinópticos apresentados a seguir:

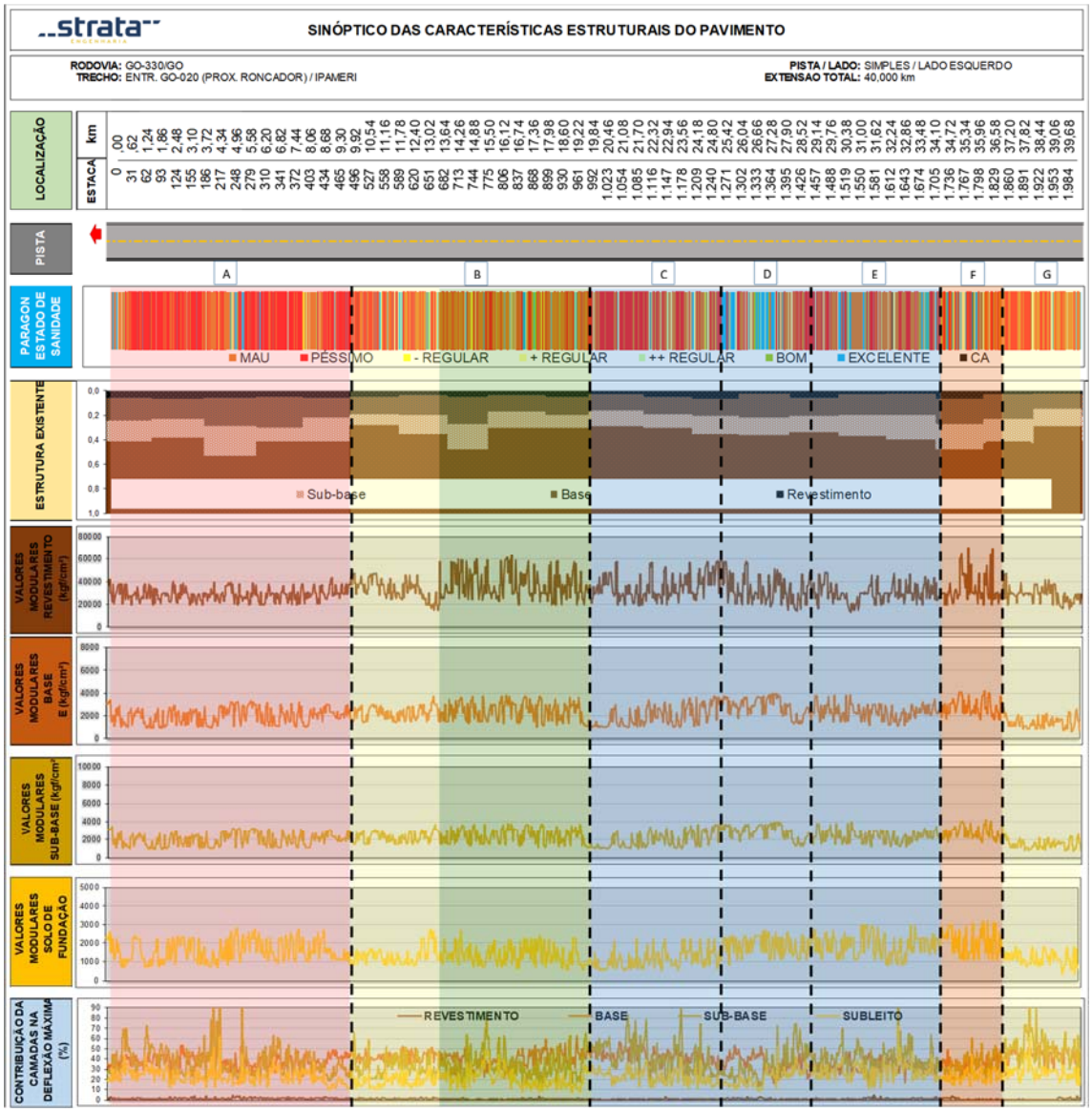


Figura 143 - Cotejamento do diagnóstico funcional com o diagnóstico estrutural e os resultados geotécnicos (Faixa Esquerda).

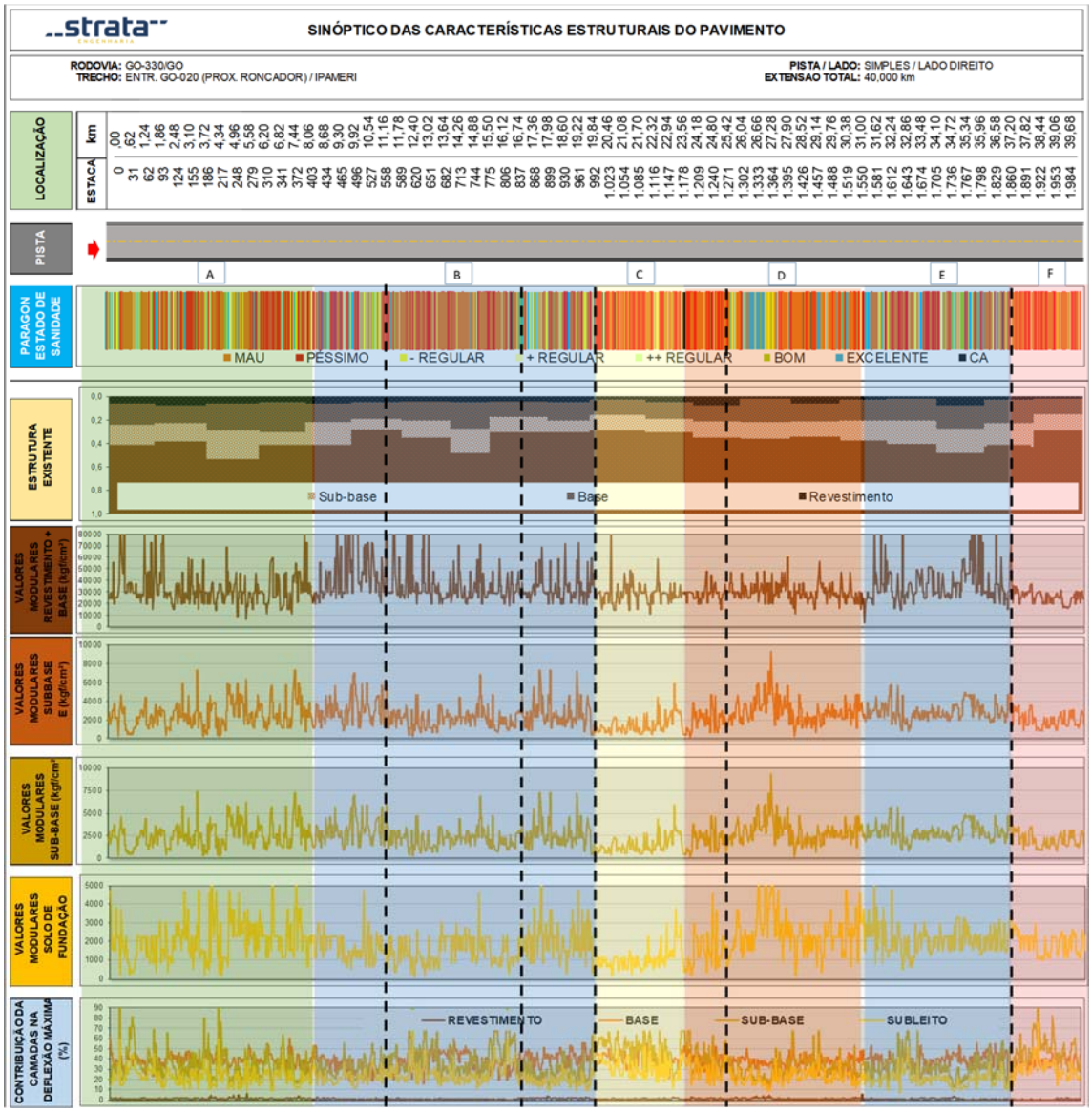
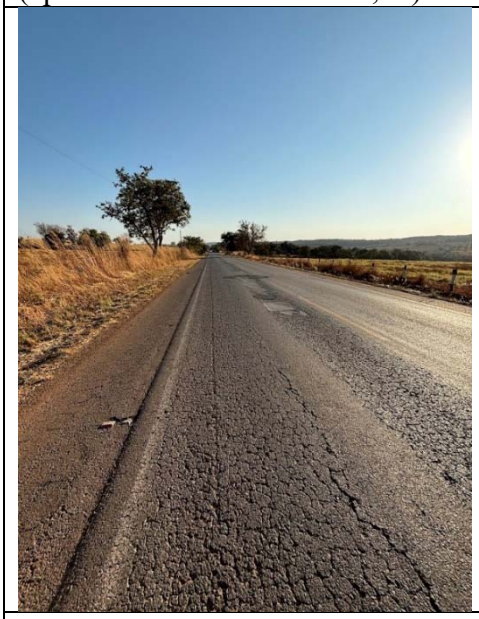


Figura 144 - Cotejamento do diagnóstico funcional com o diagnóstico estrutural e os resultados geotécnicos (Faixa Direita).

QUADRO 2 REGISTRO FOTOGRÁFICO DE DEFEITOS NO PAVIMENTO	
	
Cisalhamento da camada de base com registro de flecha máxima elevada (aproximadamente no km 8,00)	Fissuras com a presença de Bombeamento de Água com Finos (aproximadamente no km 10,00)
	
Cisalhamento da camada de base (aproximadamente no km 20,00)	Cisalhamento da camada de base com ocorrência de fissuras com bombeamento de água com finos e execução de reparos do tipo tapa-buraco (aproximadamente no km 10,00)

	
Cisalhamento da camada de base (aproximadamente no km 35,00)	Cisalhamento da camada de base e execu de reparo do tipo tapa-buraco (aproximadamente no km 35,00)

4.2.6.6.1. Características Geotécnicas dos Materiais Granulares e dos Solos de Fundação e Seus Relacionamentos com as Características Funcionais e Estruturais do Pavimento

Conforme exposto anteriormente, os estudos geotécnicos das camadas granulares do pavimento existente foram processados a partir da realização de sondagens de poço – uma para cada segmento homogêneo – realizadas primeiramente com os objetivos de definir o número e a espessura das camadas constitutivas e promover a definição da natureza – classificação táctil-visual – dos materiais constituintes das camadas granulares do pavimento (base e sub-base) e dos solos de fundação. Segundamente, foram promovidas com o intuito de coletar amostras para realização dos ensaios de caracterização, compactação, capacidade de suporte e expansão; os resultados obtidos (boletins de sondagem e características geotécnicas dos materiais constitutivos) são apresentados no como anexos nos ***Estudos Geotécnicos***.

Realizadas as caracterizações laboratoriais – granulometrias, limites de Atterberg, compactação, CBR e expansão – pôde-se constatar inicialmente a alta qualificação dos materiais granulares de constituição e dos solos de fundação, resultados que vem confirmar, de modo absoluto, as análises estruturais, deduzidas da análise e interpretação das linhas de influência dos assentamentos reversíveis. De forma, verificou-se uma grande identidade entre os resultados laboratoriais e as principais manifestações de ruina acusadas – fissuras e cisalhamento da camada de base –pelo inventário da superfície.

Assim considerando, verificou-se primeiramente, tal como deduzido anteriormente nas análises de comportamento estrutural, que os materiais das camadas de base e de sub-base são bastante semelhantes: em geral cascalho com características lateríticas nos dois substratos, ambos os materiais apresentam composição granulométrica coincidente, com predomínio de materiais

graúdos e, consequentemente, boas capacidades de suporte e um comportamento pouco líquido e plástico.

As características físicas dos materiais de base e sub-base, bem como a análise estatística dos resultados geotécnicos obtidos para ambas, são dispostos a seguir.



Figura 145 – Características Físicas do Material Constituinte da Camada Base Existente (PI-01 e PI-21).



Figura 146 – Características Físicas do Material Constituinte da Camada de Sub-base (PI-01 e PI-21).

De forma a se poder promover um cotejamento entre os materiais granulares constitutivos das camadas de base e de sub-base, ajuizou-se pertinente considerar os resultados estatísticos obtidos para o conjunto de amostras coletadas – pertinentes a 21 diferentes poços de inspeção – procedimento que se justificou dada a elevada identidade. Assim considerando, apresentam-se a seguir os resumos estatísticos calculados, contemplando as características de plasticidade, granulometrias, compactação e CBR:

PARÂMETRO	LIMITES		GRANULOMETRIA							COMPACTAÇÃO		55	GOLPES	IG
ESTATÍSTICO	LL	IP	2"	1"	3/8"	# 4	# 10	# 40	# 200	Hót	D max.	Exp.	CBR	
N	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	
$\bar{X}$	30	6	100	95	81	57	41	31	19	9,8	2,102	0,05	92,06	
σ	1,91	2,24	0,00	3,88	9,10	6,78	5,56	5,69	4,07	2,74	0,07	0,05	21,93	
μmín	29	6	100	94	78	56	39	29	18	9,0	2,083	0,04	86	0
μmáx	30	7	100	96	83	59	42	32	20	10,5	2,120	0,06	98	
Xmín	28	4	100	91	72	51	35	25	15	7,1	2,037	0,00	71	
Xmáx	31	9	100	99	90	64	46	36	23	12,4	2,166	0,10	113	

Figura 147 – Resumo Estatístico das Características dos Materiais constituintes da Camada de Base (55 golpes).

PARÂMETRO	LIMITES		GRANULOMETRIA							COMPACTAÇÃO		26	GOLPES	IG
ESTATÍSTICO	LL	IP	2"	1"	3/8"	# 4	# 10	# 40	# 200	Hót	D max.	Exp.	CBR	
N	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	
$\bar{X}$	30	8	99	93	82	60	46	37	23	11,5	1,995	0,08	35,13	
σ	3,12	1,33	2,74	5,23	6,48	5,75	5,57	5,29	3,87	1,53	0,06	0,11	7,08	
μmín	29	8	99	92	81	59	44	36	22	11,1	1,977	0,05	33	0
μmáx	31	8	100	95	84	62	48	39	24	12,0	2,014	0,11	37	
Xmín	27	7	97	88	76	55	41	32	19	10,1	1,934	0,00	28	
Xmáx	33	9	100	99	89	66	51	42	27	13,0	2,057	0,19	42	

Figura 148 – Resumo Estatístico das Características dos Materiais constituintes da Camada de Sub-base (26 golpes).

As granulometrias das camadas de base e sub-base, tendo em conta que se tratam de materiais naturais (produzidos pela natureza), podem ser consideradas extremamente similares, sendo de se destacar a igualdade do diâmetro nominal máximo e das frações finas passantes nas peneiras. Ambas apresentam baixa plasticidade, mas limites de liquidez elevados, indicando potencial retenção de água, o que pode influenciar a resistência e a estabilidade do pavimento. Além disso, apresentam baixa expansão, em torno de 0,06%, e índices de grupo iguais a zero, tanto na base quanto na sub-base, reforçando a adequação desses materiais para a estrutura do pavimento.

No tocante aos valores CBR, verifica-se uma discrepância nos resultados obtidos em laboratório, plenamente justificada pelo fato de ambos terem sido compactados com energias diferentes: o material da camada de base com energia superior, correspondente à do *Proctor Modificado* (55 golpes) enquanto o material de sub-base foi compactado com energia correspondente à do *Proctor Intermediário* (26 golpes); tais energias de compactação foram selecionadas em função da prática construtiva usual. Assim considerando, verificaram-se os valores CBR médios da camada de base da ordem de 92% e da camada de sub-base da ordem dos 35%.

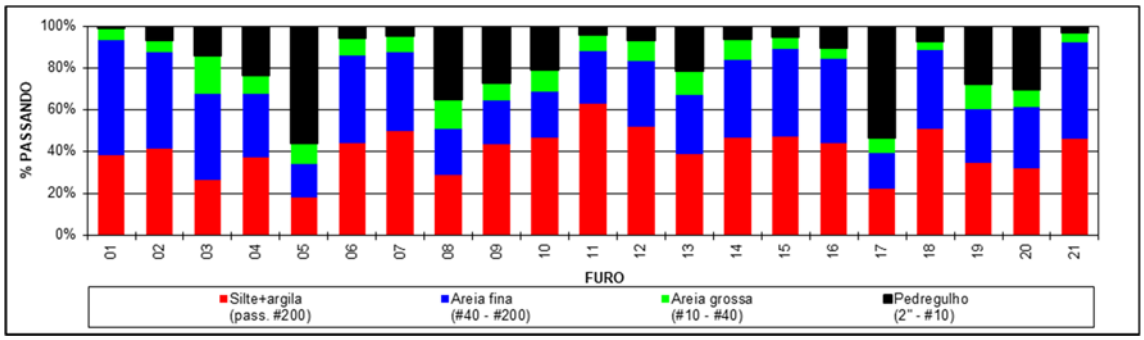


Figura 149 – Resumo Estatístico das Características dos Materiais constituintes do solo de fundação (12 golpes).



Figura 150 – Representação do solo de fundação (subleito) característico do pavimento.

O subleito apresentou composição relativamente homogênea, diferenciando-se das camadas granulares superiores. Enquanto estas exibiram proporções equilibradas entre materiais finos e grossos, o subleito se caracteriza por uma alta concentração de Silte + Argila, predominante na maioria dos furos, além de uma significativa presença de Areia Fina. Quanto ao CBR, o solo de fundação apresentou uma capacidade de suporte satisfatória, uma vez que externou valores de CBR distribuídos em torno de 8%, e um IG= 2.

Tais valores justificam, por conseguinte, os elevados valores modulares obtidos por retroanálise, principalmente pelo fato de a interpretação de resultados ter sido processada considerando-se um sistema estratificado elástico carregado exteriormente, cujas análises evidenciam a existência solos dotados de grande coesão, dispostos a grandes profundidades (da ordem dos 40,0 cm), são mais diretamente dependentes – ou sensíveis – aos esforços verticais de compressão. Dessa forma, tendo em conta a alta qualificação dos materiais sobrepostos, as deformações verticais de compressão que chegam ao solo de fundação externam valores muito baixos, respondendo por relações tensões/deformações elevadas, que se justificam os valores modulares elevados dispostos à grandes profundidades. As análises estatísticas bem como as características do solo de fundação, estão dispostas na tabela a seguir:

PARÂMETRO	LIMITES		GRANULOMETRIA							COMPACTAÇÃO		12	GOLPES	IG
ESTATÍSTICO	LL	IP	2"	1"	3/8"	# 4	# 10	# 40	# 200	Hót	D max.	Exp.	CBR	
N	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	
$\bar{X}$	25	9	99	98	94	88	82	73	41	13,2	1,755	0,20	13,83	
σ	12,70	4,69	4,07	5,62	8,71	14,26	17,17	18,22	11,09	2,91	0,12	0,15	5,73	
μmín	22	7	98	96	92	84	77	68	37	12,4	1,720	0,16	12	2
μmáx	29	10	100	100	96	92	87	79	44	14,0	1,789	0,24	15	
Xmín	13	4	95	93	86	75	66	56	30	10,4	1,638	0,06	8	
Xmáx	37	13	100	100	100	100	99	91	51	16,0	1,871	0,34	19	

Figura 151 – Resumo Estatístico das Características dos Materiais constituintes da Camada de Sub-base (12 golpes).

Em síntese, pode-se afirmar que as caracterizações geotécnicas processadas remetem às mesmas conclusões obtidas nas análises modulares, traduzindo a alta qualificação dos solos de fundação em grande parte do trecho, particularidade que permite afirmar que o pavimento não demandará grandes espessuras para proteger o solo de fundação (o que não necessariamente indica que as espessuras necessárias para proteger as camadas asfálticas do fenômeno da fadiga serão, também, reduzidas).

Para finalizar, apresenta-se uma síntese dos resultados laboratoriais que caracterizam os materiais granulares das camadas granulares de base e sub-base e os solos de fundação.

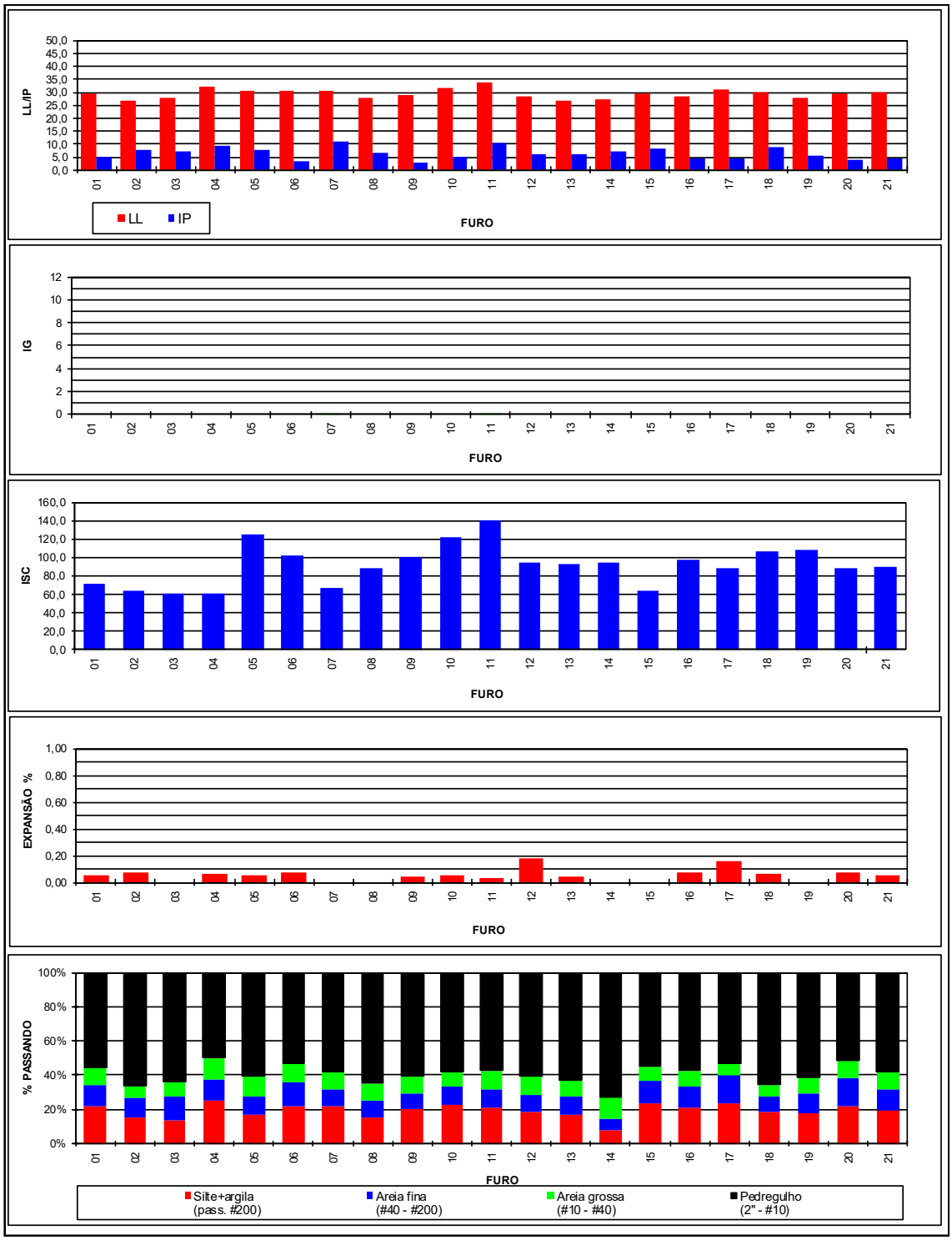


Figura 152 – Base Granular – Principais Características Geotécnicas.

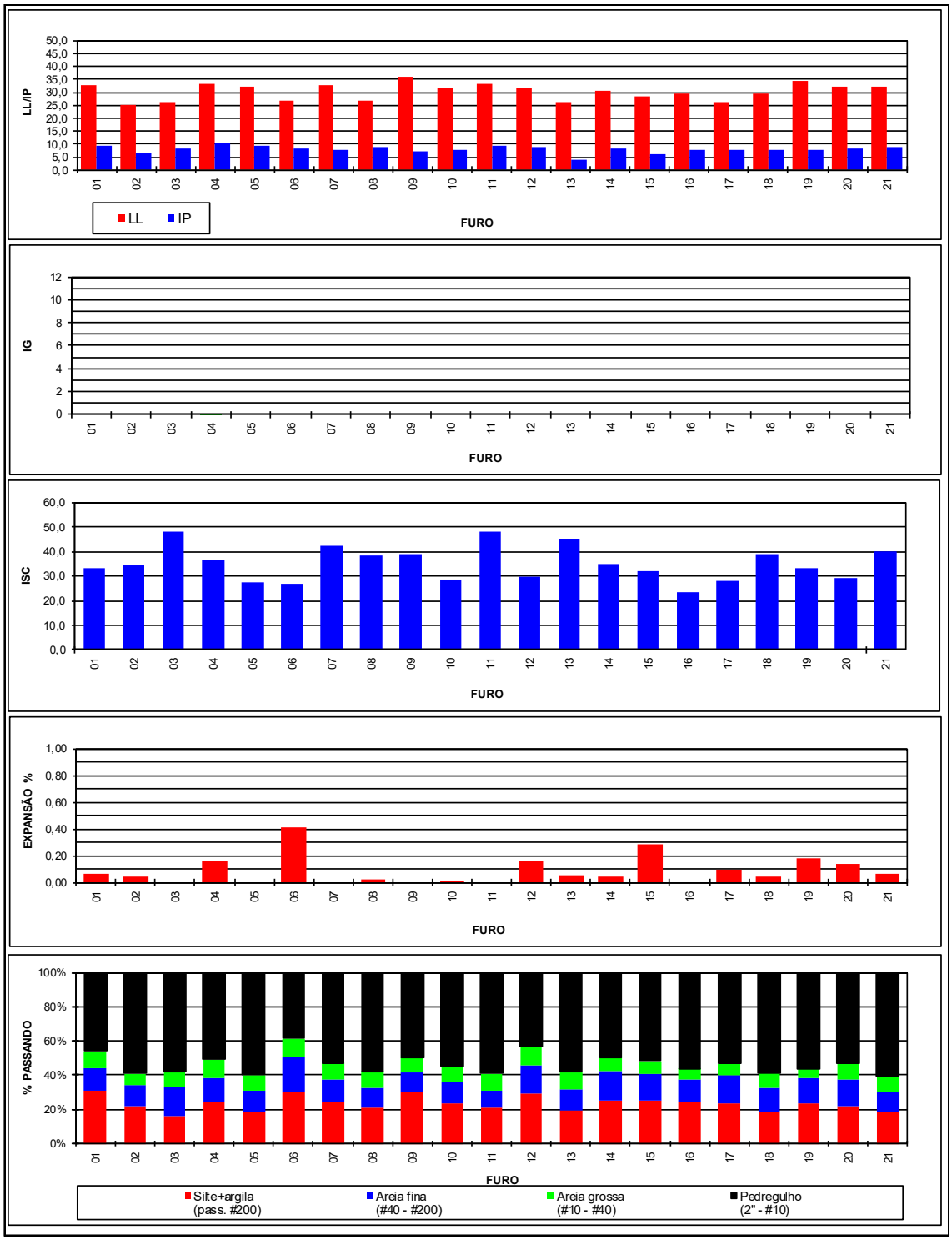


Figura 153 – Sub-base Granular – Principais Características Geotécnicas.

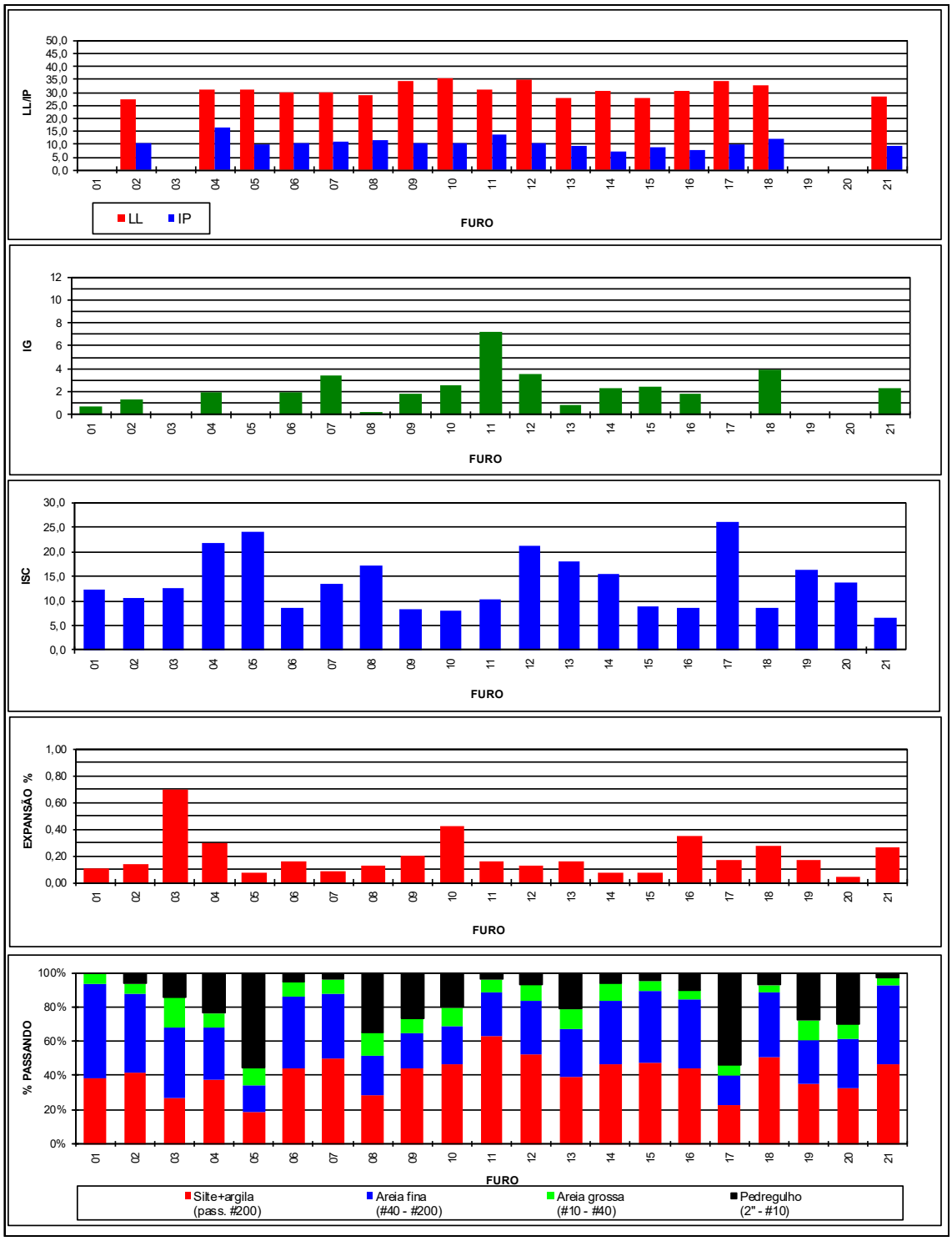


Figura 154 – Solo de Fundação – Principais Características Geotécnicas.

4.2.6.6.2. Conclusões

A rodovia GO-330, no trecho entre o município de Ipameri e o entroncamento com a GO-020, próximo a Roncador, teve seu pavimento, tal como vem de se demonstrar, devidamente diagnosticado em termos funcionais e estruturais.

Na análise espectral que resultou no diagnóstico funcional, verificou-se que a degradação do pavimento decorre principalmente de defeitos superficiais, com alta incidência de afundamentos e fissuras em diversos graus, especialmente nos níveis FC-2 e FC-3.

Os estados de sanidade "Péssimo", "Mau" e "– Regular" corresponderam a aproximadamente 60% do trecho, evidenciando um pavimento altamente degradado, principalmente devido a fissurações e afundamentos constatados. Embora existam segmentos em melhores condições, estes são curtos e esporádicos.

Em termos de ***fissuração***, verificou-se que as trincas presentes no pavimento são predominantemente resultantes do processo de fadiga gerado pelo tráfego ao longo do tempo. Esse fenômeno ocorre devido à repetição de cargas veiculares, que provocam tensões sucessivas no revestimento asfáltico, levando à formação e propagação de fissuras.

Quanto às ***deformações permanentes***, a análise do inventário da superfície revelou a presença de *afundamentos nas trilhas de roda*, resultantes de um processo de consolidação frequente. Constatou-se que esses afundamentos são originados pelo fenômeno de cisalhamento da camada de base, caracterizado por deformações bem definidas e acentuadas na superfície, especialmente nas trilhas de roda. Esse fenômeno tem sua origem nas camadas granulares, com predominância na base, e leva à degradação integral do revestimento asfáltico, que apresenta um alto grau de fissuração. No trecho em análise, observou-se que os locais de afundamento coincidem com as áreas fissuradas, evidenciando uma correlação entre esses fenômenos.



Figura 155 – Cisalhamento da camada de base, representando o comprometimento da trafegabilidade.

No tocante ao nível de Irregularidade longitudinal externado pelo pavimento, constatou-se um valor médio de IRI de aproximadamente **4,0 m/km**, grau de irregularidade consideravelmente

elevado que se justifica pela recorrência de deformações permanentes que caracterizam o pavimento existente.

Diante da análise exclusiva dos valores modulares, verificou-se que a maioria dos segmentos analisados apresenta características estruturais adequadas, embora com variações significativas. O revestimento possui um módulo médio de 30.000 kgf/cm², enquanto a base apresenta 2.000 kgf/cm², a sub-base 1.600 kgf/cm² e o subleito 1.700 kgf/cm². No que se refere à contribuição de cada camada para a deflexão reversível máxima, observou-se que a maioria dos segmentos analisados apresenta características estruturais inadequadas. As camadas granulares detêm cerca de 80% da parcela de contribuição para as deflexões, enquanto o solo de fundação, que deveria apresentar a maior parte dessa contribuição, responde por apenas cerca de 20%.

Com base no exposto, pode-se afirmar que existe uma relação direta e consistente entre os comportamentos funcional e estrutural observados. Isso evidencia que, embora alguns segmentos apresentem módulos satisfatórios para a camada de base, o pavimento frequentemente exibe a ocorrência de afundamentos decorrentes do cisalhamento dessa camada. Tais afundamentos indicam que a base já se encontra comprometida, o que evidencia a necessidade de intervenções em profundidade para a recuperação do pavimento.

4.2.7. PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

4.2.7.2.Introdução

O presente Projeto de Pavimentação foi desenvolvido visando a concepção e a definição de um pavimento com estrutura devidamente qualificada para suportar as cargas a serem impingidas pelo tráfego ao longo de uma duração de vida de 10 anos, garantindo conforto, segurança e economia aos usuários. Desse modo, o objetivo do presente arrazoado é a elaboração de um projeto de restauração para a rodovia GO-330, compreendida entre Ipameri e o Entr. GO-020 (Próx. Roncador), com extensão de 40,00 km, conforme estaqueamento de campo.

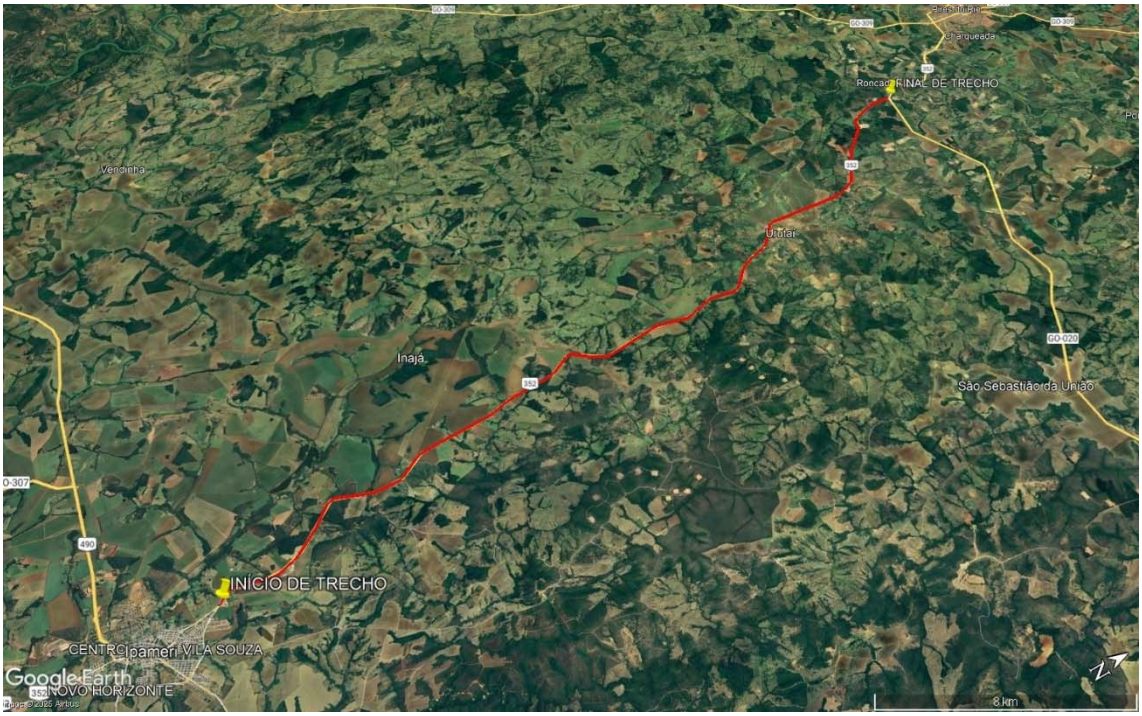


Figura 156 - Trecho a ser restaurado – GO-330

Posto isso, o Projeto de Restauração do pavimento existente da rodovia GO-330 se fundamentará em análises dos resultados obtidos através das Avaliações Funcional e Estrutural e Diagnóstico do Pavimento Existente e, consequentemente, do dimensionamento do reforço estrutural processado através dos métodos oficiais do DNIT (PRO-11 e PRO-269), procedimento adotado com o objetivo maior de se poder promover o cotejamento entre as soluções preconizadas pelas diferentes metodologias e permitir a definição da solução final com maior consistência e qualificação. Como os retromencionados métodos de dimensionamento de reforço de pavimentos são de origem empírica, julgou-se oportuno aplicar, ***complementarmente***, uma metodologia adicional calcada na avaliação racional das estruturas, fundamentada na análise das tensões e deformações (horizontais de tração/compressão e verticais de compressão) que atuam nas camadas de um sistema estratificado, solicitado por cargas exteriores – Método Paragon.

No âmbito da seleção das metodologias, julgou-se ainda, em face dos diagnósticos funcional e estrutural do pavimento do trecho, que seria conveniente ter em consideração a necessidade de reconstrução, seja parcial ou total, a ser dimensionada com base no critério de resistência: para o efeito, selecionaram-se o ***Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis do DNIT e a metodologia de análise mecanística*** calcada com base na Teoria da Elasticidade.

4.2.7.3.Dimensionamento do Reforço Estrutural do Pavimento Existente

4.2.7.3.1. Considerações Gerais

Com o objetivo de avaliar as carências estruturais externadas pelo pavimento existente foram aplicados os métodos de dimensionamento de reforços de pavimento preconizados pelas metodologias ***DNIT PRO-011/69 e PRO-269/94***. Complementarmente, no caso presente, optou-se ainda pela aplicação de uma metodologia estruturalista calcada no cotejamento entre os esforços atuantes (tensões e deformações específicas horizontais de tração/compressão e verticais de compressão) em um sistema estratificado quando solicitado por cargas exteriores e os esforços resistentes intrínsecos a cada material constituinte; para o efeito foi considerado o ***Método Paragon***. No âmbito da seleção das metodologias, julgou-se ainda, em face dos diagnósticos funcional e estrutural do pavimento, que seria conveniente ter em consideração a necessidade de reconstruções, parcial ou total, a ser dimensionada com base no critério de resistência: para o efeito, selecionou-se o ***Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis do DNIT*** a ser avaliado através da aplicação de metodologia de análise mecanística calcada em fundamentos da Teoria da Elasticidade aplicada a sistemas estratificados elásticos carregados exteriormente.

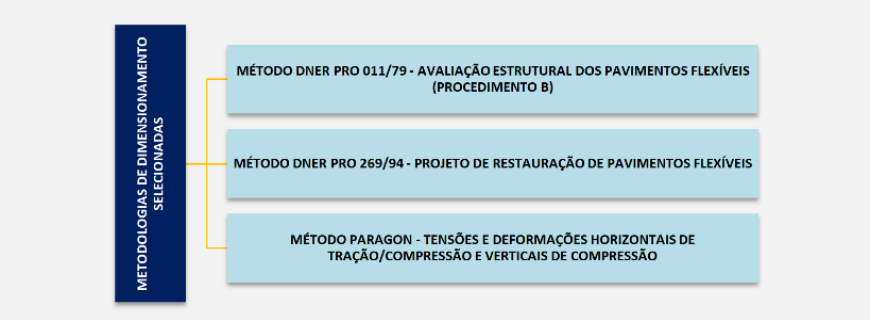


Figura 157 - Metodologias selecionadas para o reforço estrutural

Para a aplicação dos métodos DNER PRO-11/79 e DNER PRO-269/94, promoveu-se primeiramente a avaliação objetiva da superfície do pavimento, considerando a área total correspondente a cada estaca (10 metros avante e 10 metros à ré); nas avaliações efetuadas foram consideradas todas as patologias preconizadas e as flechas das trilhas de rodas. Ato contínuo, promoveu-se a definição e a identificação de segmentos de comportamentos homogêneos, a qual levou em consideração a análise simultânea dos principais parâmetros que caracterizam o comportamento funcional dos pavimentos, seguido da definição do Índice de Gravidade Global (IGG) e do cálculo da deflexão característica, conforme cada uma das duas metodologias.

Para a aplicação do Método Paragon - calcado em técnicas estruturalistas alicerçadas pela Mecânica dos Pavimentos - após os levantamentos e análise dos resultados da auscultação, processaram-se as determinações dos índices caracterizadores do pavimento (ICDS, ICDP e ICDE), os quais permitiram a definição do estado de sanidade das seções unitárias (20 m) e de seus respectivos diagnósticos; numa segunda fase, promoveram-se os dimensionamentos estruturais pautados no cotejamento entre os esforços atuantes – tensões horizontais de tração e verticais de compressão – e os esforços resistentes, intrínsecos a cada material constituinte do sistema pavimento - solo de fundação.

Ressalta-se que o número N foi calculado a partir da consideração dos Fatores de Equivalência de Cargas - FEC preconizados pelo Corpo de Engenheiros dos Estados Unidos – ***USACE*** e a

partir dos FEC determinados pelo método da *American Association of State Highway and Transportation Officials* – ***AASHTO***; os valores de número N, a saber: ***Número N (USACE) = 1,44 x 10^7*** **e** ***Número N (AASHTO) = 4,14 x 10^6*** no Posto de Pesquisa 06. Deste modo, o projeto de restauração da rodovia em questão será baseado no número "N" obtido através do Posto de Pesquisa 06.

Valores de número "N" adotados:

Número "N" **(USACE): 1,44 x 10^7**

Número "N" **(AASHTO): 4,14 x 10^6**

Na sequência, apresenta-se uma descrição sinóptica das metodologias selecionadas para elaboração dos projetos de restauração:

4.2.7.3.2. DNER-PRO 11/79

A avaliação estrutural do pavimento através do DNER-PRO 11/79 é parte essencial da auscultação do trecho em estudo, conforme Termo de Referência pertinente ao presente contrato, e deve ser elaborada após a verificação de suas condições de aplicabilidade, definidas a partir dos critérios transcritos na taebla apresentada a seguir:

Tabela 2 – Diretrizes para definição de soluções de restauração

DIRETRIZES PARA DEFINIÇÃO DE SOLUÇÕES DE RESTAURAÇÃO (DNER-PRO 11/79 – PROCEDIMENTOS)					
Hipótese I	Hipótese II		Hipótese III	Hipótese IV	Hipótese V
IGG ≤ 180					**IGG > 180**
$D_p \leq D_{adm}$ $R \geq 100$	$D_p \geq D_{adm}$ $R \geq 100$		$D_p \leq D_{adm}$ $R < 100$	$D_p \geq D_{adm}$ $R < 100$	
	$D_p \leq 3\ D_{adm}$	$D_p > 3\ D_{adm}$			
Qualidade Estrutural					
Boa	Regular	Má	Regular para M	Má	Má
Critério de Dimensionamento					
Dimensionamento Necessário	Deformabilidad	Deformabilidad e Resistência	Deformabilidad e Resistência	Resistência	Resistência
Medidas Corretivas					
Correção Funcional	Reforço	Reforço ou Reconst	Reforço ou Reconst	Reforço ou Reconstruçã	Reconstrução

Portanto, uma vez constatado que os parâmetros de comportamento do pavimento permitem enquadrá-lo nas denominadas **HIPÓTESES II** e **III** o procedimento de cálculo deverá se desenvolver em conformidade com as etapas seguintes.

PARTE A – Parâmetros Relativos ao Pavimento Existente

a) Determinação da Deflexão Característica

$$D_C = \overline{D} + \sigma$$

onde:

Dc = deflexão característica (10-2 m);

$\overline{D}$ = média aritmética das deflexões vigentes, e

σ = desvio-padrão da amostra.

São estabelecidos os intervalos de aceitação para os valores individuais das deflexões, por meio da definição dos limites superiores (LS) e inferiores (LI) através da equação:

$$LS = \overline{D} + z\sigma \qquad LI = \overline{D} - z\sigma$$

onde:
z = Variável dependente do número de amostras em um segmento homogêneo;
n = número de amostras no segmento homogêneo, conforme a tabela abaixo.

Tabela 3 – Variáveis e Número de Amostras

Variáveis e Número de Amostras	
N	**Z**
3	1
4	1,5
5-6	2
7-19	2,5
≥ 20	3

Com a finalidade de apoiar-se na presente metodologia, foram estabelecidas correlações entre as deflexões características obtidas por meio dos resultados medidos pelo equipamento FWD, e as deflexões características obtidas por meio dos resultados de medição utilizando a Viga Benkelman conforme descrito no Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos – DNIT:

- ✓ Deflexão (D_{FWD}) seja menor do que 85 x 10^{-2} mm:

$$D_B = 20{,}645\,(D_{FWD} - 19)^{0{,}351}$$

- ✓ Deflexão (D_{FWD}) seja maior do que 85 x 10^{-2} mm:

$$D_B = 8{,}964\,(D_{FWD} - 60)^{0{,}715}$$

onde:
D_B = deflexão característica obtida pela Viga Benkelman (10^{-2} mm);
D_{FWD} = deflexão característica obtida pelo FWD (10^{-2} mm);

b) Fixação do Fator de Correção Sazonal (F_s)

Os fatores de correção sazonais das deflexões são definidos a partir da natureza do solo de fundação e das condições climáticas vigentes na época da realização da campanha deflectométrica. Os valores recomendados são os que se apresentam a seguir.

Tabela 4 –Fatores de correção sazonal

FATORES DE CORREÇÃO SAZONAL		
Natureza do Solo de Fundação	F_s	
	Estação Seca	Estação Chuvosa
Arenoso e Permeável	1,10 – 1,30	1,0
Argiloso e Sensível à Umidade	1,20 – 1,40	1,0

c) Cálculo da Deflexão de Projeto

$$D_P = D_C + F_S$$

onde:

D_P = deflexão de projeto (10^{-2} mm);

D_c = deflexão característica referida à época do levantamento deflectométrico (10^{-2} m

F_s = fator de correção sazonal.

d) Determinação da Deflexão Admissível (D_{adm}) pela Equação:

$$\log D_{adm} = 3{,}01 - 0{,}176 \log N$$

onde:

N = Número de solicitação de eixos equivalentes ao eixo padrão de 8,2t, determinado tendo em consideração os fatores de equivalência definidos pelo USACE (Corpo de Engenheiros do Exército Americano).

e) Determinação de R (Raio de Curvatura da Bacia de Deformação)

$$R = \frac{10x^2}{2(D_0 - D_x)}$$

onde:

D_0 = Deflexão máxima vigente (medida);

x = Distância a partir do centro de carga;

D_x = Deflexão a x cm do do centro de aplicação de carga.

PARTE B – Parâmetros Relativos ao Reforço do Pavimento

f) Critérios para Avaliação Estrutural

Deve ser utilizado o Quadro V do DNER-PRO 11-79 definindo o critério a ser empregado, se pelo deflectométrico ou resistência, ou por ambos.

g) Dimensionamento do Reforço pelo Critério de Deformabilidade

$$h_{CB} = k \log \frac{D_P}{D_{adm}}$$

onde:

h_{CB} = espessura do reforço em termos de CBUQ (cm);

k = "potência do reforço", própria do material usado no reforço (DNIT: para CBUQ 40).

h) Dimensionamento do Reforço com Camadas Múltiplas

O PRO-11/79 preconiza que, caso o dimensionamento determine a utilização de espessuras de reforço, em termos de concreto betuminoso, superiores a 5,0 cm, devem ser pesquisadas outras soluções para constituição das camadas inferiores do reforço do pavimento existente.
Para o cálculo das espessuras das camadas não constituídas com concreto betuminoso, devem ser adotados os "coeficientes de equivalência estrutural" recomendados pelo DNIT, transcritos a seguir.

Tabela 5 – Fatores de equivalência estrutural

FATORES DE EQUIVALÊNCIA ESTRUTURAL (DNER-PRO 11/79)		
Componentes do Reforço do Pavimento		Coeficiente de equivalência estrutura
Concreto betuminoso		2,00
Pré-misturado a quente, de graduação densa		1,70
Pré-misturado a frio, de graduação densa		1,40
Macadame betuminoso por penetração		1,20
Brita graduada (CBR > 80)		1,10
Material granular (CBR ≥ 60)		1,00
Solo-cimento:		
Resistência à Compressão Sim aos 7 dias	RCS > 45 kgf/cm²	1,70
	RCS < 45 kgf/cm²	1,40
	RCS < 28 kgf/cm²	1,00

A espessura de concreto betuminoso substituída deverá ser multiplicada por:

$$\frac{2{,}00}{\text{Coef. Equiv. Estrutural do Material a Utilizar}}$$

4.2.7.3.3. DNER-PRO 269/94

A avaliação estrutural do pavimento existente através do Método DNER-PRO 269/94 deve ser processada após a verificação de atendimento as suas condições de aplicabilidade, definidas conforme os critérios indicados a seguir:

Tabela 6 – Diretrizes para definição de soluções de restauração

DIRETRIZES PARA DEFINIÇÃO DE SOLUÇÕES DE RESTAURAÇÃO (DNER-PRO 269/94)			
Hipótese 1	Hipótese 2	Hipótese 3	Hipótese 4
Tipo de Solo de Fundação			
I e II		III	
$D_C \leq 140$	$D_C > 140$	$D_C \leq 160$	$D_C > 160$
Critério de Dimensionamento			
DEFORMABILIDADE	RESISTÊNCIA	DEFORMABILIDADE	RESISTÊNCIA

Portanto, constatado que os parâmetros de comportamento considerados permitem enquadrar o pavimento nas denominadas HIPÓTESES 1 e 3, o procedimento de cálculo deverá se desenvolver em conformidade com as etapas a seguir descritas.

PARTE A – Parâmetros Relativos ao Pavimento Existente

a) Determinação da Deflexão Característica

$$D_C = \overline{D} + \sigma$$

onde:
D_c = deflexão característica (10^{-2} mm);
$\overline{D}$ = média aritmética das deflexões (10^{-2} mm);
σ = desvio-padrão da amostra.
Com a finalidade de apoiar-se na presente metodologia, foram estabelecidas correlações entre as deflexões características obtidas por meio dos resultados medidos pelo equipamento FWD, e as deflexões características obtidas por meio dos resultados de medição utilizando a Viga Benkelman conforme descrito no Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos – DNIT:

✓ Deflexão (D_{FWD}) seja menor do que 85 x 10^{-2} mm:

$$D_B = 20,645\ (D_{FWD} - 19)^{0,351}$$

✓ Deflexão (D_{FWD}) seja maior do que 85 x 10^{-2} mm:

$$D_B = 8,964\ (D_{FWD} - 60)^{0,715}$$

onde:

D_B = deflexão obtida por viga Benkelman (10-2 mm);

D_{FWD} = deflexão obtida pelo FWD (10-2 mm);

b) Determinação da Estrutura de Referência

Sondagens de poço e rotativas devem permitir a classificação das camadas componentes do pavimento no que tange as suas constituição e função e a determinação de suas espessuras reais. No que tange às camadas betuminosas existentes, deve-se definir fundamentalmente o número e as respectivas espessuras, as quais serão consideradas em conjunto para definição da ***espessura da camada betuminosa (h_e)***.
Na definição da ***espessura da camada granular (H_{cg})*** devem ser consideradas conjuntamente as camadas de base, de sub-base e do reforço do subleito quando constituídas por materiais que contenham menos de 35%, em peso, passando na peneira ASTM nº 200 (0,075mm); são considerados como materiais granulares os solos arenosos, solos pedregulhosos, solo estabilizado mecanicamente, solo-brita, brita graduada, macadames, etc.

A **estrutura de referência** deve ser constituída sempre por 3 camadas as quais recebem as seguintes denominações:

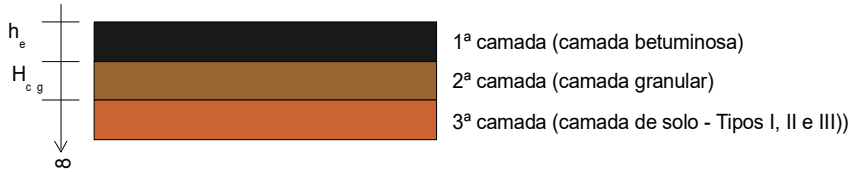


Figura 158 - Estrutura de Referência

c) Classificação do Solo da 3ª Camada

Os solos devem ser classificados em três grupos definidos em termos de suas características resilientes e estabelecidas em função do valor do **Índice de Suporte Califórnia** (**CBR**) e da **Percentagem de Silte** (**S**). O ensaio CBR deve ser realizado com amostras compactadas com energia correspondente a do Proctor Normal e a percentagem de silte, do material que passa na peneira ASTM nº 200 (0,075 de abertura), calculada a partir do ensaio de granulometria por sedimentação, pela expressão:

$$S = 100 - \frac{P_1}{P_2} x100$$

onde:

S = percentagem de silte;

P_1 = percentagem, em peso, de material cujas partículas tenham diâmetro inferior a 0,005 determinada na curva de distribuição granulométrica;

P_2 = percentagem, em peso, de material cujas partículas tenham diâmetro inferior a 0,075 determinada na curva de distribuição granulométrica.

Os solos da 3ª camada são então classificados de acordo com o disposto na tabela apresentada a seguir.

Tabela 7 – Grupo de solos

GRUPOS DE SOLOS			
CBR (%)	≤ 35	35 – 65	> 65
≥ 10	I	II	III
6 a 9	II	II	III
2 a 5	III	III	III

d) Cálculo da Espessura Efetiva do Conjunto de Camadas Asfálticas (h_{ef})

Trata-se da determinação da espessura estrutural equivalente ao conjunto de camadas asfálticas detectadas.

$$h_{ef} = -5{,}737 + \frac{807{,}961}{D_c} + 0{,}972\, I_1 + 4{,}101\, I_2$$

onde:

h_{ef} = espessura efetiva (cm);

I_1 e I_2 = constantes relacionadas às características resilientes do solo da 3ª camada da estrutura de referência;

As constantes I1 e I2 são definidas como indicado na tabela apresentada a seguir:

Tabela 8 – Valores das constantes I

VALORES DAS CONSTANTES I_i			
H_{cg} (cm)	Tipo de Solo	I_1	I_2
≤ 45	I	0	0
	II	1	0
	III	0	1
> 45	-	0	1

No cálculo da espessura efetiva se deve ainda atender a seguinte exigência:

$$0 \le h_{ef} \le h_e$$

ou seja:

Se $h_{ef} > h_e$, adotar $h_{ef} = h_e$

Se $h_{ef} < 0$, adotar $h_{ef} = 0$

Quando o revestimento asfáltico existente externar um grau de trincamento (classes 2 e 3, remendos e panelas) elevado, traduzido por uma das seguintes condições:

TR > 50%

FC2 + FC3 > 80% e FC3 > 30%

recomenda o presente método adotar o **limite inferior de h_{ef}**, ou seja, ***$h_{ef} = 0$***, bem como considerar a solução de recapeamento em camadas integradas de CBUQ e pré-misturado, com a finalidade de minimizar o fenômeno de reflexão de trincas no revestimento projetado.

PARTE B – Parâmetros Relativos à Restauração do Pavimento

e) Definição do Período de Análise

O período de análise (período de projeto) para as obras de recuperação do pavimento, em anos, deve ser previamente fixado.

f) Definição da Taxa de Crescimento do Tráfego

Deve ser determinada em função de dados históricos disponíveis ou fixada pelo Órgão Rodoviário.

g) Determinação do Número N

O parâmetro de tráfego a ser utilizado no projeto e que traduz o número de solicitações de um eixo-padrão de 8,17t deve ser calculado para o período de projeto considerado, de acordo com os fatores de equivalência de carga preconizados no Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis do DNER, edição de 1979; tais fatores são aqueles definidos pelo ***USACE*** (Corpo de Engenheiros do Exército Americano).

h) Cálculo da Deflexão Máxima Admissível (D_{adm})

$$\log D_{adm} = 3{,}148 - 0{,}188 \log N_p$$

onde:

Dadm = deflexão máxima admissível (10-2mm);

Np = número acumulado de solicitações de eixos equivalentes ao eixo padrão de 80,12 kN (8,17 tf) para o período de projeto.

i) Dimensionamento do Reforço Estrutural

- **Cálculo de Espessura de Reforço**

O cálculo da espessura de reforço estrutural, em ***concreto asfáltico***, deve se processar através da expressão:

$$H_R = -19{,}015 + \frac{238{,}14}{\sqrt{D_{adm}}} - 1{,}357 h_{ef} + 1{,}016 I_1 + 3{,}893 I_2$$

onde:

HR = espessura da camada de reforço em concreto asfáltico (cm);

Dadm, hef , I1 e I2 = variáveis já anteriormente definidas.

- **Solução de Recapeamento**

As soluções finais de recapeamento, tendo por base o valor de H_R (espessura de reforço dimensionada), devem atender ao disposto nas hipóteses apresentadas a seguir:

- **Caso 1: 3,0 cm < H_R < 12,5cm**

A adoção de camadas integradas de CBUQ e pré-misturado ou de camada única de CBUQ (capa e "binder") constituem soluções que devem ser consideradas a partir das condições de superfície existente, contemplando as características de deformabilidade das misturas asfálticas a serem aplicadas.

- **Caso 2: $12,5cm < H_R < 25,0cm$**

Recomenda-se a adoção de camadas integradas de CBUQ e pré-misturado de acordo com o seguinte critério:

$$H_{pm} = 0,60H_R \quad \text{e} \quad H_{CA} = H_R - H_{pm}$$

onde:

H_{pm} = espessura da camada de pré-misturado (cm);

H_{CA} = espessura da camada de CBUQ (cm);

H_R = espessura de reforço, em concreto asfáltico (cm).

- **Caso 3: $H_R > 25,0cm$**

Recomenda que as camadas integradas não sejam constituídas exclusivamente com concreto asfáltico, devendo-se estudar também a alternativa de remoção do revestimento existente e de camada subjacentes, com a reconstrução do pavimento.

- **Caso 4: $H_R \leq 3,0cm$**

A partir de análises das condições externadas pelo pavimento existente, contemplar soluções com lama asfáltica e tratamento superficial.

- **Caso 5: Restrições Econômicas**

O método contempla também a possibilidade de se adotar, face a restrições econômicas, uma solução de reforço por etapas; na Norma, são apresentados modelos para mais duas soluções sucessivas dentro do período de análise.

j) Dimensionamento do Reforço Contemplando a Reciclagem

As espessuras do **revestimento existente a ser reciclada** e a do **reforço complementar** devem ser determinadas de acordo com as etapas a seguir descritas:

- **Cálculo do Módulo de Resiliência Efetivo do Revestimento Existente**

$$\log M_{ef} = 11,19 - 2,753 \log D_C - 1,714 \log h_e - 0,0053 I_1 + 0,2766 I_2$$

onde:

M_{ef} = módulo de resiliência efetivo do revestimento asfáltico existente; não se deve adotar valor mínimo Mef < 1000 kgf/cm2 ;

D_C = deflexão característica de projeto (x 10-2 mm);

H_e = espessura da camada betuminosa existente (cm);

I_1 e I_2 = constantes relacionadas às características resilientes do tipo de solo de fundação.

- **Determinação do Módulo de Resiliência da Mistura Asfáltica Reciclada**

Deve ser determinado o *módulo de resiliência* e/ou a *resistência à tração por compressão diametral* da mistura betuminosa reciclada, dosada em laboratório.

- **Cálculo da Relação Modular**

$$\mu = \frac{MR_C}{M_{ef}}$$

onde:

μ = relação modular;

MR_C = módulo de resiliência da mistura betuminosa reciclada (kgf/cm²);

M_{ef} = módulo de resiliência efetivo do revestimento existente (kgf/cm²).

- **Cálculo da Deflexão de Projeto Característica após a Execução da Camada Reciclada**

$$\overline{D_C} = D_C \left[\frac{h_c}{h_e} \left(\mu^{1/3} - 1 \right) + 1 \right]^{-1,324}$$

onde:

Dc = deflexão de projeto vigente sobre o pavimento existente (x 10-2 mm);

hc = espessura da camada betuminosa existente (cm);

he = espessura da camada de mistura betuminosa reciclada (cm) correspondente à espessura de corte, que deve atender à seguinte condição 3,0 cm ≤ hc ≤ (he – 2);

μ = relação modular;

$\overline{D_c}$ = deflexão de projeto característica a ser obtida sobre o revestimento reciclado considerando a espessura hc (x 10-2 mm).

- **Solução de Recapeamento**

  - **1º Caso: μ ≤ 1,0**
    - **Solução de restauração**: deve ser determinada pelo procedimento convencional, sem reciclagem. Contudo, desde que $\overline{D_c} \leq D_{adm}$ ou $H_R \leq 3{,}0$cm, admite-se a reciclagem considerando a espessura mínima de corte de modo promover melhorias nas condições de rolamento do revestimento betuminoso existente.

  - **2º Caso: μ > 1,0**
    - Calcular $\overline{D_c}$ para os **diferentes valores de h_c** compreendidos no intervalo $3{,}0 < h_c \leq (h_e - 2)$

      1ª Hipótese: $\overline{D_c} \leq D_{adm}$

- **Solução de restauração:** reciclagem com espessura de corte igual a h_c

  2ª Hipótese: $\overline{D_c} > D_{adm}$

- **Solução de restauração**: solução mista, composta por camada de reciclagem + camada de recapeamento. Neste caso passa-se a considerar uma solução mista com a camada inferior, com espessura a ser ditada pela mais vantajosa profundidade de corte h_c e uma **camada complementar** de mistura asfáltica convencional, com espessura HR, dimensionada ao se

considerar que a deflexão característica da camada reciclada passa a ser $\overline{D_c}$. Assim, basta recalcular HR pelo procedimento normal, fazendo-se $D_c = \overline{D_c}$ no cálculo de h_{ef}

4.2.7.3.4. Metodologia de Dimensionamento PARAGON

4.2.7.3.4.1. Sinóptico Metodológico

De forma sucinta apresenta-se a seguir o sequencial das atividades que regem o desenvolvimento de um Projeto de Restauração de pavimentos existentes. Compõem o elenco as etapas indicadas a seguir:

a)	1ª Fase	Demarcação da Base Quilométrica e dos Pontos de Referência (PTR);
b)	2ª Fase	Auscultação do Pavimento (Levantamentos de Campo);
c)	3ª Fase	Avaliação do Pavimento (Processamento e Interpretação dos Resultados);
d)	4ª Fase	Diagnóstico do Pavimento e Concepção das Soluções Corretivas;
e)	5ª Fase	Caracterização das Solicitações Rodoviárias e Quantificação;
f)	6ª Fase	Caracterização Estrutural do Sistema Pavimento - Solo de Fundação;
g)	7ª Fase	Caracterização Laboratorial dos Materiais Componentes do Pavimento Existente e destinados à Constituição das Intervenções Corretivas;
h)	8ª Fase	Dimensionamento do Reforço Estrutural/Reconstrução.

Figura 159 - Sequência de Atividades de um Projeto de Restauração de Pavimentos

A primeira fase inicia-se pela Demarcação da Base Quilométrica (DBQ) e dos Pontos de Referência (PTR) ao longo de todo o trecho, etapa processada com o emprego do equipamento denominado Automated Mark System, composto por uma máquina de pintura especial dotada de distanciômetro afinado por um encoder ótico de altíssima precisão e de um Global Positioning System (GPS) de última geração, operando em dupla frequência L1/L2.

Esse equipamento promove a demarcação das estacas duodecamétricas – dispostas a cada 20m – com tinta branca e das estacas hectométricas (a cada 100m), com tintas branca e amarela; todas as estacas são devidamente georreferenciadas e as hectométricas numeradas na pista, de forma sequencial.

A *segunda fa*se consiste na *Auscultação dos Pavimentos*, etapa que se processa através de levantamentos de campo compostos por escaneamentos digital (Multifunction) ou a laser (LCMS) da superfície do pavimento em contínuo – detecção, identificação e mensuração de todas as manifestações de ruína existentes – e medição das irregularidades longitudinais (inclusive o IRI) e transversais (inclusive a $F_{MÁX.}$). Tais levantamentos são complementados ainda por medições das linhas de influência dos assentamentos reversíveis (linhas de influência e Do) e dos perfis constitutivos do pavimento existente, em contínuo por meio do (GPR) e pontuais, por meio de sondagens de poço e rotativas; também são medidas as temperaturas do pavimento e do ar ambiente (Tp/Tar).

A *terceira fase* inicia-se pelo exame de consistência dos dados de campo, etapa seguida pela análise e interpretação dos resultados obtidos, processadas para universos de avaliação limitados a 20 metros – estaca por estaca; esses intervalos de análise são submetidos a processos de *varredura métrica*, nos quais se registra a existência dos defeitos ocorrentes metro a metro, procedimento que permite quantificar o número de semi-intervalos de 1m afetados – *frequência*

absoluta –, bem como o percentual de semi-intervalos comprometidos no universo de análise (20 metros) – *frequência relativa.*

O processamento, a análise e a interpretação dos resultados obtidos permitem a perfeita caracterização do pavimento – *por estaca e por faixa de tráfego* – e a determinação de parâmetros de comportamento tradutores das distintas famílias que compõem a vertente funcional (*Índices das Condições de Degradação Superficial – ICDS, de Deformação Permanente – ICDP e de Deformabilidade Elástica – ICDE*).

A consideração preliminar de cada família comportamental de forma individualizada, seguida de suas análises integradas (conjuntas), possibilita a singularização do sistema pavimento - solo de fundação e permite a definição dos segmentos que requerem distintos níveis de intervenções corretivas.

A *quarta fase* constitui no estabelecimento do *diagnóstico dos pavimentos*, etapa crucial e mais importante do processo, lavrado através da definição do estado de sanidade (código genético) externado pelo pavimento, predicado que permite *conceber e definir a natureza das soluções corretivas requeridas*. Embora se trate de uma exigência relevante para o sucesso de uma obra, nos procedimentos usuais de avaliação de pavimentos esta etapa tem sido relegada a um plano de insignificância, ou seja, sequer, é contemplada.

No caso específico de pavimentos que demandam apenas correções de caráter funcional, a natureza das soluções – que se caracterizam por não apresentar efeito estrutural próprio – define naturalmente a medida corretiva requerida; no caso de pavimentos que demandam medidas corretivas de caráter estrutural (reforços estruturais ou intervenções em profundidade) faz-se necessário promover o dimensionamento estrutural.

A *quinta fase* é constituída pela caracterização das solicitações impostas pelas cargas do tráfego, exigência fundamental para a determinação das características estruturais do pavimento existente e dos esforços solicitantes em suas camadas e no solo de fundação. Assim, torna-se imperioso definir a geometria da impressão de contato, a pressão vertical de compressão imposta na interação pneu–pavimento e o tempo de aplicação das cargas impostas pelos veículos pesados carregados.

No tocante à geometria, verificou-se anteriormente que as impressões de contato das rodas gêmeas de um eixo comercial padrão poderiam ser representadas por áreas circulares com r = 10,8cm, distanciadas entre si – de bordo interno a bordo interno – por distâncias da ordem de 10,4cm; sob tais condições, um carregamento-padrão (eixo simples com carga de 8,2 toneladas) responderá pela imposição de uma carga de 2050kgf a cada uma das rodas componentes (par de rodas gêmeas) que, uniformemente distribuídas, exercerão pressões de contato σ_c = 5,6kgf/cm2.

Quanto ao tempo de aplicação de carga a que os elementos de um pavimento – superficiais e internos – são submetidos à ação das cargas móveis aplicadas à superfície, desenvolveu-se um procedimento de cálculo específico no qual se contemplam as características do tráfego atuante (velocidade de circulação, distâncias entre eixos e impressão de contato pneu–pavimento), a natureza dos materiais constituintes de cada camada constitutiva e o posicionamento do ponto considerado em termos de profundidade.

A *sexta fase* corresponde à caracterização estrutural da constituição do sistema formado pelo pavimento - solo de fundação, a qual é processada, primeiramente, pela determinação do *perfil constitutivo da estrutura, em contínuo*, por meio do emprego de um radar de profundidade – *Ground Penetrating Radar (GPR)* etapa complementada por sondagens rotativas e de poço pontuais, dispostas a espaçamentos previamente especificados.

Nas sondagens de poço, além da medição das espessuras de cada camada e da classificação táctil-visual dos materiais constituintes, são coletadas amostras para as caracterizações laboratoriais e determinação das principais grandezas físicas e geotécnicas (granulometria, limites de Atterberg, Índice de Grupo, expansão, etc.) e mecânicas (Compactação e CBR).

Seguidamente, processa-se a medição das linhas de influência experimentais por meio de ensaios de carga dinâmicos realizados com deflectógrafos dos tipos Curviâmetro Dinâmico e FWD, as quais permitem, tendo em conta o perfil estratigráfico da estrutura, processar a retroanálise das linhas de influência experimentais. A aplicação desse procedimento permite determinar as grandezas estruturais fundamentais – módulos de elasticidade e coeficientes de Poisson – das camadas do pavimento e do solo de fundação.

A *sétima fase* consiste em verificar a existência e a potencialidade dos materiais e recursos naturais disponíveis (pedreiras, areais, materiais granulares, cascalhos e solos) necessários à implantação das intervenções corretivas requeridas pelos pavimentos existentes.

Dessa forma, definida a natureza conceptiva das intervenções corretivas demandadas pelos distintos estados de sanidade externados pelo pavimento existente, devem ser apreciadas as qualificações geotécnicas dos materiais prospectados e suas quantidades; as *caracterizações laboratoriais* dos materiais, individualmente ou em composições, torna-se importante, haja vista que destinam-se à composição das novas camadas do pavimento (recargas superficiais, recomposições superficiais, reforços estruturais e também eventuais reconstruções).

A *oitava fase* corresponde ao *Dimensionamento das Intervenções de caráter estrutural – tipos Reforço Estrutural ou Reconstrução*. Esse procedimento constitui o propósito desta segunda parte da *Metodologia Paragon*, na qual se apresenta um Método de Dimensionamento calcado em técnicas que vislumbram o pavimento como uma estrutura estratificada elástica – composta de camadas – submetida a esforços quando solicitada por cargas exteriores, atuando à superfície.

Em sua essência, a proposição básica do método consiste em garantir que os esforços atuantes não excedam os esforços resistentes (máximos admissíveis) intrínsecos aos materiais constituintes e ao solo de fundação. No âmbito da presente metodologia, cuidados especiais são tidos na caracterização dos materiais destinados à composição das camadas de reforço estrutural, com definições específicas dos respectivos valores modulares e leis de fadiga e de deformação permanente.

Em uma vertente complementar, desenvolveu-se um procedimento analítico para se ter em conta a capacidade de tráfego restante do pavimento existente – seguramente já combalido – com o objetivo de lhe proporcionar condições intrínsecas para garantir sua prestação de serviços futura. Esse procedimento foi concebido com o intuito de se ter em conta, embora de maneira indireta, as características das camadas granulares, quase nunca objetos de análises especiais em laboratório e normalmente desconsideradas no âmbito dos dimensionamentos processados à luz da Mecânica dos Pavimentos.

Com o objetivo de atender a todos os quesitos técnicos propostos pela presente metodologia, a Strata Engenharia montou dois Centros Tecnológicos de Engenharia Rodoviária (CTER), o primeiro com o nome do *Professor Armando Martins Pereira*, em Brasília-DF, e o segundo com o nome do *Professor Humberto Santana*, em Martinho Campos-MG.



Figura 160 - Centro Tecnológico de Engenharia Rodoviária Professor Humberto Santana.

4.2.7.3.4.2.Considerações Gerais

Quando um pavimento evidencia carência estrutural e pleiteia intervenções corretivas, faz-se imperativo qualificá-lo para suportar as solicitações que lhe serão impingidas pelo tráfego futuro, exigência que demanda, além da definição da natureza e do tipo da intervenção corretiva, também a definição da *magnitude* da intervenção a empreender.

Dessa forma, o dimensionamento do reforço estrutural de um pavimento exige a verificação de certo número de condições suplicantes que demandam espessuras de reforço distintas, devendo se selecionar, naturalmente, a maior, capaz de satisfazer a todas as demais.

Nos procedimentos usuais avaliam-se primeiramente as resistências da camada de reforço à fadiga e do solo de fundação às deformações permanentes, sempre através do cotejamento entre os esforços atuantes – impostos pelas cargas do tráfego – e os esforços resistentes máximos admissíveis, definidos pelas respectivas leis de comportamento, estabelecidas em função de números de solicitações.

No âmbito da Metodologia Paragon, ajuizou-se ser importante ter em conta, para além dessas verificações retrocitadas, mais duas avaliações de qualificação estrutural: a vida de fadiga residual da camada de revestimento asfáltico existente pós-reforço e a capacidade de tráfego restante do pavimento existente, uma forma indireta de se contemplar a capacidade de suporte das camadas granulares. Ambas as verificações foram concebidas a partir do compromisso do reforço estrutural em "aliviar" a estrutura subjacente, naturalmente debilitada, de forma a torná-la apta para uma prestação de serviços futura.

Assim considerando, o dimensionamento da camada de um reforço estrutural deve ter em conta, primeiramente, a sua resistência intrínseca, *a ser avaliada contemplando a magnitude das tensões/extensões de tração máximas que atuarão sua fibra inferior – mais tracionada –*, as quais deverão se subordinar ao valor resistente máximo admissível, intrínseco ao material, definido em função do número de solicitações futuras (lei de fadiga); superado esse limite, a camada passa a trabalhar em regime forçado, condição que responderá pela redução de sua vida útil, em trabalho.

Seguidamente, em verificação inusitada, julgou-se importante avaliar as qualificações do revestimento asfáltico existente (caso aproveitado na nova estruturação) para sua prestação de serviços futura, haja vista que seu regime de trabalho em tração horizontal se manterá, mesmo depois de protegido pelo reforço de pavimento; na realidade, é preciso ter em conta a vida de fadiga residual do revestimento existente, *uma vez que o reforço estrutural não transforma um revestimento velho em revestimento novo*.

Essa definição, simples em tese, consiste no cotejamento entre os esforços atuantes na face inferior da camada de revestimento existente, considerando diferentes espessuras de reforço e o seu esforço resistente máximo admissível, proposição que, entretanto, *esbarra na dificuldade de se definir*, com o rigor necessário, *a resistência residual da camada asfáltica antiga à fadiga*, haja vista já se apresentar ela naturalmente combalida e, na maior parte das vezes, externando fissurações atribuídas ao próprio fenômeno da fadiga.

Apesar de se julgar válido avaliações similares – desde que decidido pelo aproveitamento da camada de revestimento existente –, a apreciação de seu comportamento à fadiga durante sua prestação de serviços futura deverá ser processada de forma *extremamente meticulosa*,

contemplando o tráfego já suportado e empregando equações preditivas da vida de fadiga que contemplem as características físicas da mistura existente, as propriedades dos ligantes residuais e os graus de trincamento exibidos.

Em continuidade, necessário se faz avaliar a resistência dos solos de fundação – o mais frágil dos componentes - às solicitações verticais de compressão que o irão atuar, as quais respondem pelas surgências e magnitudes das deformações permanentes – afundamentos (flechas) nas trilhas de roda por consolidação – que serão impostas ao sistema pavimento - solo de fundação pelas cargas do tráfego futuro; na verificação da lei de resistência do solo de fundação julga-se importante contemplar, concomitantemente, também o tráfego já suportado.

Assim, com o objetivo de suprir essa lacuna importante nas avaliações a serem processadas, ajuizou-se ser possível ter em conta eventuais demandas estruturais contemplando a capacidade de tráfego restante do pavimento existente, característica capaz de definir suas qualificações para uma determinada prestação de serviços futura. Para o efeito, concebeu-se que eventuais fraquezas poderiam ser compensadas pela submissão do pavimento à condições de trabalho mais amenas, “alívio” a ser aportado por um reforço estrutural dotado de espessura apropriada (a ser devidamente dimensionada).

No espectro pleno, verifica-se portanto que, para além das verificações das resistências à fadiga (camadas de reforço e de revestimento existente) e à deformação permanente (solo de fundação), a Metodologia Paragon complementa suas verificações comportamentais contemplando uma quarta condição de dimensionamento, alicerçada nas necessidades de se avaliar a capacidade de tráfego restante do pavimento e de qualificá-lo para suportar as solicitações ulteriores, previstas para sua prestação de serviços futura; essa proposição última será explanada a seguir no âmbito da presente dissertação.

4.2.7.3.4.3.Proposição Metodológica

Tendo em conta, portanto, as premissas retrocitadas, desenvolveu-se uma metodologia própria, calcada nos critérios clássicos da Mecânica dos Pavimentos, na qual se vislumbra o pavimento como um sistema estratificado elástico submetido a esforços solicitantes (tensões e deformações) impostos por cargas exteriores aplicadas à superfície, conforme ilustrado na Figura a seguir.

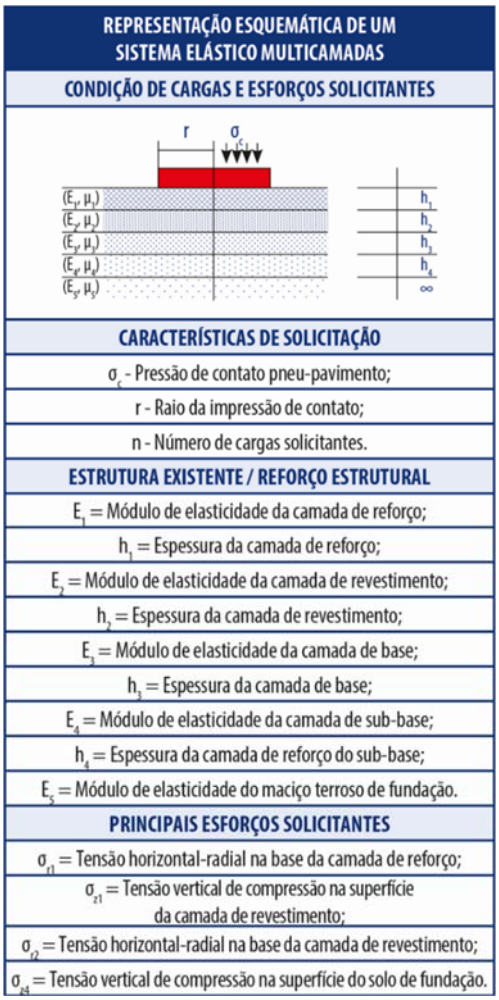


Figura 161 – Representação esquemática de um sistema elástico multicamadas

O axioma postulado nessa metodologia consiste em cotejar os *esforços atuantes* que se desenvolvem no seio de cada camada constitutiva do sistema pavimento - solo de fundação quando carregado exteriormente, com os *esforços resistentes*, intrínsecos a cada material constituinte, de forma que esses esforços coexistam em harmonia na estrutura final.

Considerando, pois, que essa exigência se estabelece com a garantia de que os esforços solicitantes não sobrepujem os esforços resistentes, a espessura da camada de reforço deve ser suficiente para atender suas exigências intrínsecas e, ao mesmo tempo, proteger as camadas constituintes do pavimento e o solo de fundação, aliviando-os, de modo garantir seus perfeitos desempenhos durante suas prestações de serviço futuras.

Dessa forma, para a aplicação efetiva da presente metodologia, faz-se necessário promover primeiramente a caracterização estrutural do sistema estratificado formado pelo pavimento - solo de fundação, exigência que se cumpre com a determinação de suas grandezas fundamentais: perfil estratigráfico do pavimento existente (número e espessura das camadas), módulos de elasticidade das distintas camadas constitutivas e do solo de fundação e respectivos coeficientes de Poisson.

Para estabelecer tais grandezas fundamentais determina-se primeiramente o número e a espessura das camadas constituintes, empregando um GeoRadar e sondagens de poço/rotativas, promovendo em seguida, a medição das linhas de influência dos assentamentos reversíveis; para esta tarefa última, são empregados deflectógrafos dos tipos Curviâmetro Dinâmico ou

Falling Weight Deflectometer (FWD), equipamentos que traduzem condições de solicitação (carga representativa, pressão vertical de contato, tempo de aplicação de carga, etc.) praticamente idênticas àquelas impostas ao pavimento por um veículo pesado carregado se deslocando a 80 km/h.

A consideração de ambos os equipamentos traz consigo uma diferença sutil, pois uma carga circular simples, ao puncionar um pavimento, gera uma zona de influência que se desenvolve de forma radial, perifericamente à área circular da carga. Quando a carga é aplicada por um par de rodas gêmeas de um semieixo comercial – aplicadas simultaneamente –, as solicitações se somam, gerando uma área de influência que, embora componha uma "bacia de deformação", externa uma zona distribuição conflituosa entre as duas cargas; na realidade não se verifica uma distribuição radial (**Figura 7**).

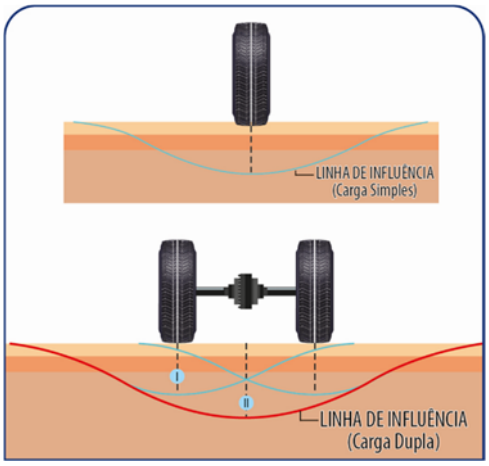


Figura 162 – Distribuições das cargas de rodas simples e duplas e suas zonas de influência

Sob tais condições, para que ambos os ensaios possam traduzir resultados idênticos, torna-se fundamentalmente importante estabelecer uma equivalência entre as solicitações exercidas por ambas as configurações de carregamento – carga aplicada e área de distribuição – de forma que as tensões horizontais de tração e verticais de compressão impostas às camadas do pavimento e ao solo de fundação sejam substancialmente similares; uma explanação desse cotejamento será detalhada em tópico mais adiante.

Dispondo-se, portanto, das linhas de influência dos assentamentos reversíveis experimentais e do perfil estratigráfico, promove-se a retroanálise, artifício matemático que consiste em pesquisar, na Teoria da Elasticidade aplicada a sistemas estratificados carregados exteriormente, linhas de influência teóricas similares às experimentais, investigação que faculta a consignação, por analogia, das principais características estruturais do sistema estratificado existente.

Na pesquisa das linhas de influência teóricas dos assentamentos reversíveis são aplicados os critérios clássicos da Mecânica dos Pavimentos embasados na Teoria da Elasticidade, cujas fronteiras foram devidamente pontuadas por Donald M. Burmister ("The General Theory of Stresses and Displacements in Layered Soil Systems") em 1945. Contempladas, portanto as condições de fronteira estabelecidas, desenvolveu-se, no âmbito da metodologia Paragon, um programa de cálculo automático – RetroStrata – no qual se considera o pavimento um sistema estratificado elástico carregado à superfície, composto por camadas constituídas com diferentes materiais e arranjadas consoante a disposição geométrica desejada.

A título ilustrativo, apresenta-se a seguir uma tela do programa na qual consta, na lateral esquerda, o ajuste sigmoidal da linha de influência experimental (método dos mínimos quadrados), e na direita, um "instantâneo" da varredura da Teoria da Elasticidade na busca da linha de influência teórica. Nessa visualização última constam-se a linha de influência experimental (verde), a calculada instantaneamente (vermelha) e melhor bacia ajustada até aquele instante; no canto inferior direito, dentro do quadro branco aparece NI = 053, que indica o número de tentativas de ajuste já processadas, as quais podem se estender até a tentativa 2000.

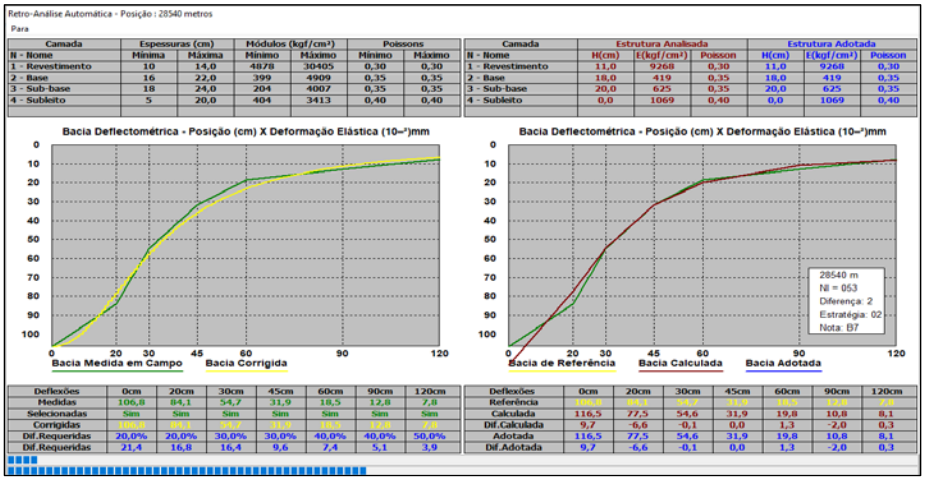


Figura 163 - Consolidação da Bacia Experimental Através de Regressão pelo Método dos Mínimos Quadrados

Portanto, caracterizado o sistema pavimento - solo de fundação existente, faz-se necessário promover a caracterização estrutural da mistura asfáltica selecionada para composição da camada de reforço estrutural, exigência que se cumpre com as definições de seus módulos de rigidez e coeficiente de Poisson e de sua Lei de Comportamento à Fadiga. Para atendimento a essas exigências, duas proposições básicas se apresentam:

- a dosagem experimental da mistura em laboratório com a confecção de corpos de prova e suas submissões a ensaios experimentais para a determinação do módulo de rigidez e da Lei de Fadiga; os ensaios para determinação módulo devem ser conduzidos no mínimo a três frequências de aplicação de carga distintas (por exemplo 0,1 - 1,0 e 25Hz) de forma a possibilitar o cálculo da "Curva Mestra", a qual permite definir valores modulares para distintos – e representativos – tempos de aplicação de carga, ou

- o emprego de leis previsionais, estabelecidas por organismos internacionais de notório reconhecimento – vertente que exibe enorme consistência – alicerçada por inúmeras e exaustivas experimentações realizadas durante décadas por organismos rodoviários, centros de pesquisa e programas integrados de cooperação internacional.

A título ilustrativo, apresentam-se representações esquemáticas dos principais esforços atuantes (tensões horizontais de tração no reforço e no revestimento existente e vertical de compressão no solo de fundação) em um sistema estratificado elástico, carregado à superfície por uma carga circular única (Figuras 9 e 10):

a) As tensões horizontais de tração máximas que atuam nas camadas betuminosas (ou cimentadas) – dotadas de "efeito de placa" – quando da ação de carregamentos externos, ocorrem sempre em suas faces inferiores, fibra mais tracionada; esses esforços, repetidos um enorme número de vezes – quando

superiores ao limite mínimo de fadiga – respondem pela fadiga das misturas asfálticas, fenômeno responsável pelo trincamento das camadas;

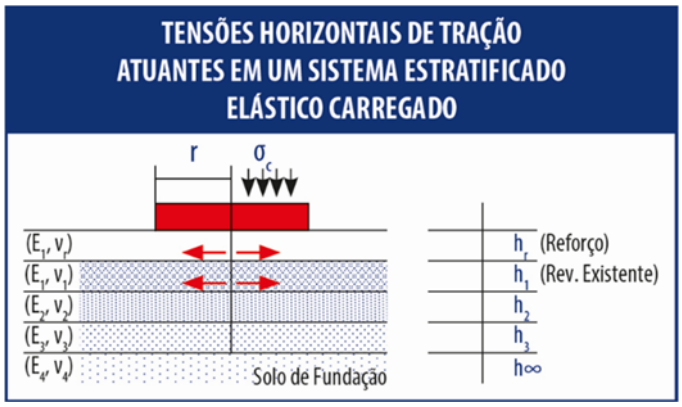


Figura 164 - Representação esquemática das tensões horizontais de tração atuantes na face inferior de camadas asfálticas (Reforço e Pavimento Existente) e/ou cimentadas

b) As tensões verticais de compressão que atuam todas as camadas do pavimento e o solo de fundação, decrescem com a profundidade, mas assumem importância superior quando atuam o solo de fundação, o mais frágil dos materiais de constituição do sistema. Essas tensões respondem pela imposição de deformações permanentes ao pavimento, sempre decorrentes dos processos de consolidação ou densificação impostos pela repetição das cargas do tráfego; as maiores contribuições, em tese, são pertinentes aos solos de fundação, com os materiais granulares contribuindo de forma menos relevante.

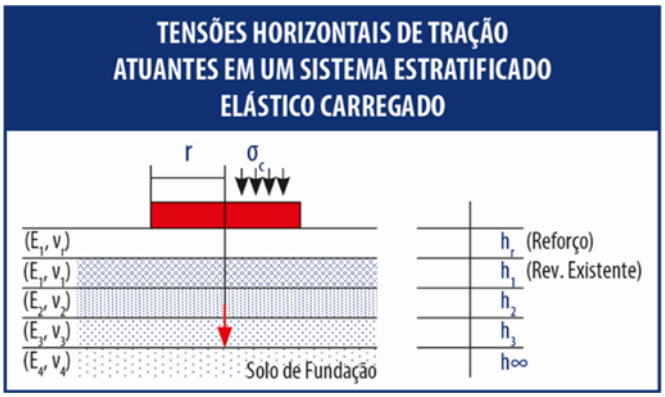


Figura 165 - Representação esquemática das tensões verticais de compressão

4.2.7.3.4.4.1ª Condição de Dimensionamento: Verificação da Resistência das Misturas Asfálticas à Fadiga (Reforço e Revestimento Existente)

4.2.7.3.4.4.1. Modelos de Fadiga de Misturas Asfálticas

Os esforços que se desenvolvem no seio de camadas asfálticas de reforço – dotadas do "efeito de placa" – não são simples, pois um mesmo elemento interno se submete alternadamente à tensões horizontais de tração e de compressão e à tensões verticais de compressão consoante o posicionamento da carga.

Essa alternância de esforços de solicitação imposta durante a transição de uma carga móvel rolante, bastante complexa, responde pela manifestação dos dois principais processos de fissuração impostos às camadas asfálticas, bastante distintos, porém clássicos. Essa distinção, de importância singular, requer a descrição, mesmo que de forma sintética, dos processos de fissuração que podem ocorrem em camadas asfálticas:

a. o primeiro processo, seguramente o mais rigoroso, decorre das fissurações que se desenvolvem na face inferior da camada asfáltica – fibra mais severamente tracionada quando de carregamentos externos –, as quais progridem no sentido ascendente ante a repetição das cargas, trespassando a camada (de baixo para cima – *bottom-up*) e se manifestando na superfície; inicialmente incipientes, são progressivas, se ramificam, formam malha que, ao final do ciclo, ostentam bordas erodidas, e

b. o segundo processo, menos agressivo, decorre das fissurações que nascem à superfície e se propagam em sentido descendente, para o fundo da camada (de cima para baixo – *top-down*), procedidas de tensões de tração geradas na superfície: os esforços de tração horizontal se desenvolvem na zona de acomodação final da "bacia" de deformação sofrida pelo pavimento – ante o carregamento externo – com a fração além, não afetada pela carga.

Completamente independente do posicionamento da carga, verifica-se ainda mais um mecanismo gerador de fissurações superficiais, que tendem a se desenvolver de cima para baixo: no caso de solicitações por rodas duplas de um semieixo traseiro de um veículo pesado carregado verifica-se o desenvolvimento de tensões de tração transversais gerados na seção fletida disposta entre as rodas gêmeas (zona de distribuição de tensões conflituosas).

No primeiro processo, um elemento qualquer da camada asfáltica experimenta esforços horizontais que têm suas naturezas ditadas pelo seu posicionamento na camada e pelo posicionamento relativo da carga móvel rolante que se desloca à superfície; a posição da carga móvel determina a natureza das tensões horizontais a que o elemento estará submetido, se de tração ou de compressão, as quais se alternam sequencialmente e exibem magnitudes distintas consoante sua disposição no seio da camada. Merecem respeito maior as tensões horizontais de tração – responsáveis pela fadiga da mistura asfáltica – que se desenvolvem na fibra inferior da camada solicitada, local onde atingem seus valores maximum maximorum (**figura a seguir**):

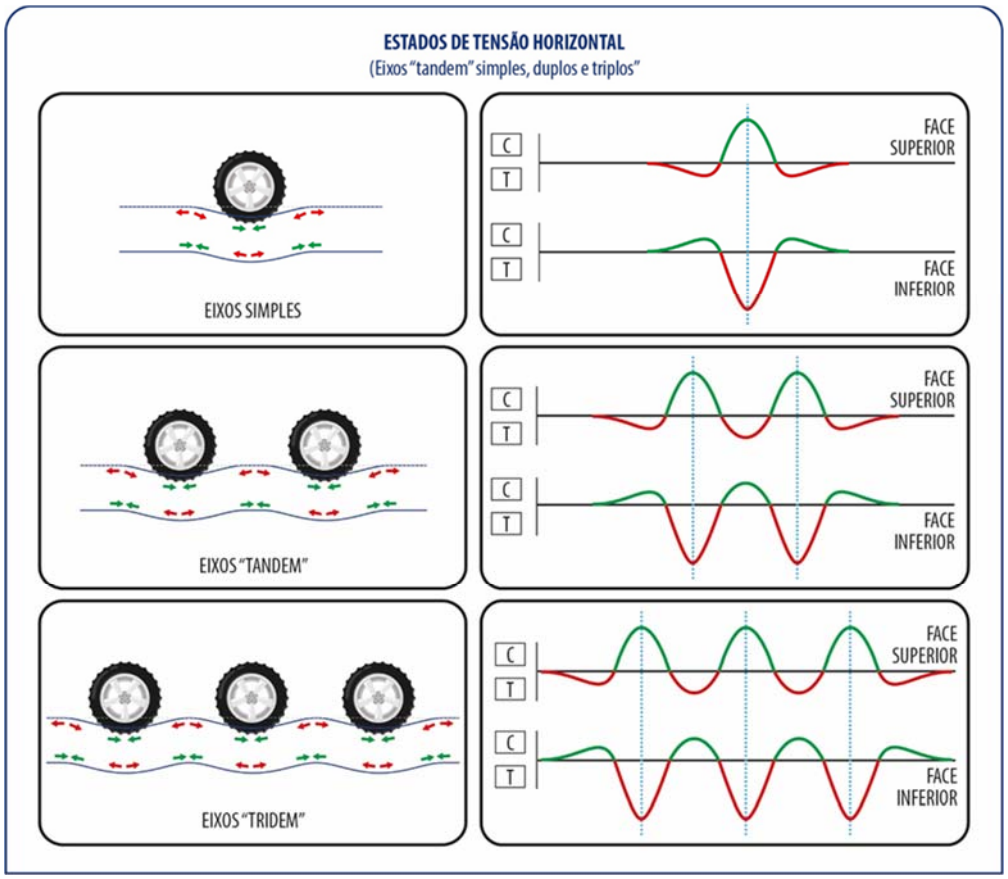


Figura 166 - Estados de Tensão Horizontal gerados nas fibras superior e inferior do revestimento asfáltico quando da atuação de sistemas multieixos

Da análise da representação gráfica apresentada, verifica-se que esforços de mesma natureza ocorrem igualmente nas fibras inferiores e superiores, destacando-se que os esforços de tração horizontal – que respondem pela instalação do fenômeno da fadiga – são significativamente maiores na face inferior, condição que potencializa o processo de progressão das fissuras de baixo para cima.

No que tange ao segundo processo, verifica-se primeiramente que os esforços de tração horizontal na face superior – também vinculado ao posicionamento relativo da carga móvel – são de menor monta e as fissuras surgentes muito provavelmente não chegam a atingir o fundo da camada asfáltica, até mesmo porque seu desenvolvimento, naturalmente mais lento, é atropelado pela potência evolutiva das fissuras de baixo para cima.

Nessa simbiose comportamental, pode-se afirmar que o processo *top-down* se submerge perante o processo *bottom-up*, coibição que não impede a soma dos dois para composição do dano final; destaque-se ainda o fato de que os modelos de fissuração se potencializam sob a ação conjugada de configurações de eixos mais complexas ("tandens" duplos, triplos ou mais eixos).

Na complementação do processo de fissuração de cima para baixo, verifica-se ainda uma ingerência sutil provocada pelo desenvolvimento de tensões de tração transversais na seção disposta entre as rodas gêmeas, derivadas da imposição de um regime de flexão superficial diferenciado. Esse processo de solicitação, que se desenvolve transversalmente na zona disposta entre as duas impressões de contato solicitantes, decorre da interação entre as zonas de influência de cada carga: a influência mútua sobreposta responde pela distensão transversal das fibras superiores da camada asfáltica de revestimento.

No caso das cargas duplas – cargas gêmeas atuando lado a lado –, o processo de esmaecimento dos esforços horizontais ao longo da área periférica de cada carga se apresenta severamente comprometido na zona disposta entre as duas cargas atuantes: o intervalo existente entre elas é reduzido para comportar as distâncias de "inversão" necessárias, particularidade que implica a interação das zonas de influência e a eliminação da "distribuição radial".

No desenvolvimento do processo de solicitação superficial de uma carga única, a zona disposta diretamente sob a carga sofre esforços radiais de compressão horizontal – máximos sob a carga –, os quais, ao longo do alcance radial da carga (zona de influência), vão diminuindo gradativamente, sofrendo, ao final da transição desse percurso, uma mutação plena, quando as fibras superiores são obrigadas a se distender para absorver a acomodação final da camada disposta além da zona de influência da carga.

Sob esse condicionamento, desenvolve-se um estado de tensões inusitado, não previsto, pois as cargas duplas (atuando de forma conjugada e próxima), ao puncionarem o pavimento, infligem lhe deformações verticais (reversíveis) que sofrem um transtorno de distribuição na zona disposta entre as cargas: sem o espaço necessário para seu desenvolvimento periférico, interagem e se somam, impondo à fração superior da camada de desgaste, nessa zona interposta, uma flexão convexa transversal, esforço que se materializa por uma distensão das fibras superiores, que passam a trabalhar em regime de tração horizontal; uma representação esquemática desse processo de solicitação é ilustrado pela **figura a seguir**.

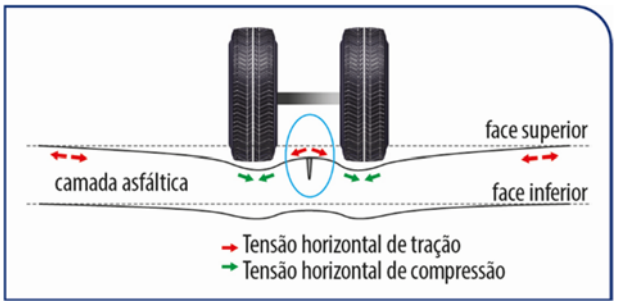


Figura 167 – Tração transversal originada pela flexão convexa imposta entre rodas na fração superior da camada asfáltica.

Essa flexão transversal convexa advém, portanto, de um arranjo interno forçado para acomodar – sem espaço disponível – a transição das fibras comprimidas sob a carga para as fibras tracionadas necessária à conformação geométrica ao extremo da deformabilidade; como essa exigência não se cumpre, as duas linhas de influência interagem, se superpondo e se somando, processo que dá origem a uma zona superficial composta exclusivamente de tração na flexão.

Essa distensão transversal, que se potencializa sob condições de carregamento lento (tempos de carga longos) e temperaturas elevadas, pode, após um determinado número de solicitações, dar origem ao desenvolvimento de fissuras longitudinais na fração superior da camada asfáltica, as quais externam tendências de propagação no sentido descendente. Originárias da superfície e com desenvolvimento de cima para baixo (*top-down*), ocorrem sistematicamente nas trilhas de roda – predominantemente junto à sua linha central – e são mais propensas a surgir quando da existência de tráfego composto de várias configurações de eixos tandem múltiplos.

Ocorrendo em curtas extensões, de forma aleatória e individualizada, dificilmente assumem proporções capazes de comprometer, de maneira significativa, o pavimento, podendo se conectar longitudinalmente e apresentar erosões nas bordas com a continuidade das cargas. Sua constatação, entretanto, não é usual e pode ser de difícil identificação, até mesmo porque sua

miscigenação com fissurações de fadiga, que externam potencial evolutivo substancialmente mais acelerado, dificulta uma detecção específica; muitas vezes os desenvolvimentos são truncados pelo complexo de fissuras já ramificado que se apresenta.

A predição da vida de fadiga fundamenta-se no conceito de dano cumulativo proposto por Miner – *Lei de Miner* (*Yang H. H. Pavement Analysis and Design. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 1993).* O dano é calculado como a razão entre um determinado (ou previsto) número de aplicações de carga e o número máximo admissível de repetições de carga estabelecido considerando algum critério ou nível de falha; o dano é calculado como expresso na equação apresentada a seguir:

$$D = \sum_{i=1}^{T} \frac{n_i}{N_i}$$

em que:

D = dano acumulado;
T = número total de períodos;
n_i = número de solicitações aplicadas no período i;
N_i = número final de solicitações que levam um critério de falha no período i,

a qual evidencia, teoricamente, que a falência por fadiga deve ocorrer a um valor de dano acumulado igual a 1.

E para prever o número de repetições de carga que leva uma mistura asfáltica à fadiga por fissuração, o modelo mais usado é uma função da tensão e/ou extensão de tração e da rigidez da mistura (módulo de rigidez), traduzido pela expressão:

$$N_f = k_1 \left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^{k_2} \left(\frac{1}{E}\right)^{k_3}$$

em que:

N_f = Número terminal de aplicações de carga até atingir a ruptura;
ε = Deformação específica de tração imposta ao ensaio experimental;
E = Módulo de Elasticidade da mistura asfáltica considerada;
k_1, k_2, k_3 = Coeficientes de ajustamento pertinentes a cada mistura asfáltica.

Expostos os princípios básicos que regem o fenômeno da fadiga, o processo de dimensionamento de reforços estruturais demanda, por conseguinte, o cálculo das *tensões horizontais de tração máximas* que desenvolver-se-ão em suas fibras inferiores – mais tracionadas – e também nas fibras inferiores da camada de revestimento asfáltico existente (quando decidido pelo seu aproveitamento), sempre considerando o sistema estratificado solicitado pelas cargas do tráfego. Para o efeito, com base nos critérios clássicos da moderna técnica estruturalista – ditados pela Mecânica dos Pavimentos e alicerçados pela Teoria da Elasticidade – devem ser primeiramente definidas *as leis de variação das tensões e/ou extensões máximas atuantes, estabelecidas em função de diferentes espessuras de reforço estrutural (variação sequencial crescente).*

Na sequência, com base nas características da mistura asfáltica selecionada para a composição da camada de reforço estrutural e também da camada de revestimento existente, devem ser definidas suas respectivas *leis de resistência à fadiga*, estabelecidas com base na consideração

conjunta dos valores das tensões e/ou deformações solicitantes e dos respectivos números de aplicação de carga necessários para conduzi-las à ruptura (*Diagramas de Wöhler*).

O passo final consiste em cotejar os esforços atuantes com os esforços resistentes, intrínsecos a cada material constitutivo, e garantir, através da seleção de espessuras de reforço adequadas, a submissão dos esforços atuantes aos esforços admissíveis; essa verificação, que estabelece a garantia de resistência dos materiais à fadiga imposta pelas cargas do tráfego (futuro), deve ser processada para cada uma das camadas asfálticas consideradas.

4.2.7.3.4.4.2. Lei de variação dos esforços atuantes na face inferior da camada de reforço

A lei de variação dos esforços atuantes é estabelecida pelo cálculo das tensões e/ou extensões de tração na face inferior (fibra mais tracionada) da camada de reforço verificadas para espessuras sequenciais e crescentes, pares homólogos que são gravados em sistemas cartesianos; a majoração das espessuras é processada por incrementos de 0,5 em 0,5cm.

Esse procedimento permite, por conseguinte, estabelecer as leis de variação dos esforços atuantes considerando distintas espessuras de reforço, as quais primam por externarem duas particularidades suis generis. A primeira pelo fato de o desenvolvimento externar sistematicamente a mesma forma curvilínea, similar a uma *catenária invertida*. A segunda, por evidenciar que *uma camada de reforço pode se submeter a diferentes esforços horizontais – de compressão e de tração – consoante sua espessura.*

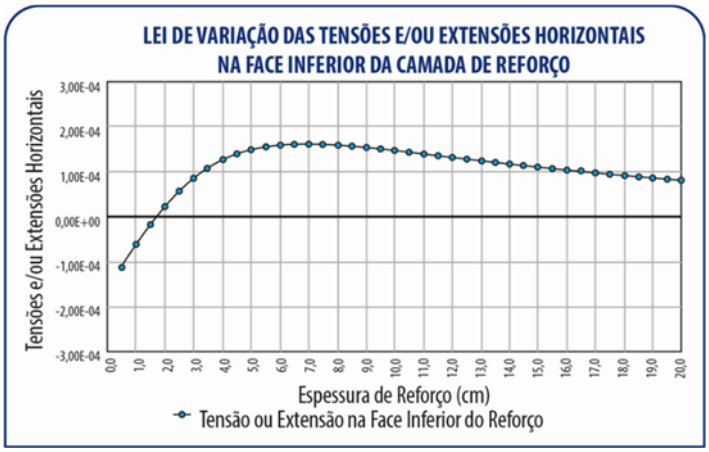


Figura 168 – Esforços horizontais atuantes na face inferior da camada de reforço estrutural sobreposta a um sistema estratificado composto pelo pavimento/solo de fundação.

Da observação das leis de variação obtidas, sempre dispostas em forma de domo, observa-se primeiramente que, quando uma camada de reforço externa espessuras muito delgadas, os esforços que atuam em sua face inferior são de compressão horizontal, particularidade que decorre da "inexistência" de massa inercial própria e respeitável, condicionamento que não lhe confere condições de trabalho como uma "camada" propriamente dita, dotada de "efeito de placa".

Quando externando espessuras delgadas, funciona como uma "massa parasita" que se "incorpora" à camada inferior, a qual passa a ditar sua forma comportamental: a face superior da camada de revestimento existente trabalha em regime de compressão horizontal quando solicitada pelas cargas do tráfego.

Desse modo, uma camada asfáltica de reforço bastante delgada – desprovida de "identidade" própria – não trabalha como uma "camada" na acepção da palavra, ou seja, por não apresentar

a rigidez necessária – função de sua “compleição física” – não é dotada de “desejo próprio”, e sua tendência será, portanto, se “incorporar” à camada de revestimento existente, acompanhando sua curvatura côncava e trabalhando em regime integral de compressão horizontal.

Com ganhos (incrementos) gradativos de espessura, essa "não camada" vai ganhando massa inercial e se personalizando, criando resistência cada vez maior ao regime de submissão comportamental, até que, ao atingir determinada espessura, a fronteira da obediência é rompida: nesse instante, fisicamente, a "não camada" se transforma em “camada”, adquirindo “identidade própria”, passando a ser dotada de “efeito de placa” e a se submeter, quando carregada exteriormente, a esforços de tração horizontal em sua fibra inferior e de compressão horizontal em sua fibra superior, disciplinados pela existência de uma “linha neutra”.

A partir, portanto, dessa transição comportamental – deformação horizontal “zero” – com o incremento contínuo das espessuras, as tensões horizontais de tração na fibra inferior da camada vão majorando, crescentes até atingirem um determinado pico – domo de uma curva em forma de catenária invertida -–, quando sofrem uma inflexão, ou seja, os esforços de tração horizontal começam a decrescer. Com a continuidade do aumento da espessura, a camada de reforço vai se tornando uma fortaleza inercial e tendendo a se comportar como um bloco monolítico, o qual se submente a esforços de tração horizontal cada vez menores; com elevadas espessuras, as tensões de tração se tornam simbólicas, praticamente nulas.

Concluindo, torna-se importante ressaltar que essa camada, quando dotada de massa inercial substancialmente elevada – exibindo sua fração inferior em estado de repouso passivo, isenta de solicitações – exerce uma proteção ilimitada da camada de revestimento existente, tornando-a praticamente inerte, sem se submeter a quaisquer esforços de fadiga.

4.2.7.3.4.4.3. Leis de Comportamento à Fadiga de Misturas Asfálticas destinadas à Composição dos Reforços Estruturais

Definida a mistura asfáltica a ser empregada na composição do reforço estrutural, devem ser determinadas suas características de comportamento sob a ação de cargas repetidas, as quais são estabelecidas por meio de *ensaios laboratoriais de carregamento dinâmico* ou por *métodos previsionais*, desenvolvidos por organismos internacionais de notório reconhecimento; ambas as vertentes permitem a determinação das leis de fadiga para as misturas asfálticas selecionadas, estabelecidas em função das magnitudes dos esforços máximos aplicados – *tensões e/ou extensões de tração* – e dos respectivos números de aplicações de carga que levam à ruptura.

As leis previsionais, estabelecidas através da compilação de resultados obtidos há mais de meio século por instituições internacionais normativas e de pesquisa de notório conhecimento – englobando uma massa de dados excepcional –, estabelecem as relações entre as tensões e/ou deformações de tração aplicadas (ensaios à tensão constante ou à deformação controlada) com o número terminal de solicitações (Nf), definido por algum critério de ruína.

- Leis de fadiga obtidas por meio de ensaios específicos:

As leis de fadiga são obtidas através da realização de ensaios laboratoriais que empregam procedimentos diversos, podendo se citar, entre os ensaios mais tradicionais, os de tração na flexão, considerando um ou mais pontos de carga e flexão de consolas trapezoidais, aos quais se soma o ensaio brasileiro de “Tração Indireta por Compressão Diametral”; uma ilustração de um ensaio de tração na flexão é apresentada na figura a seguir.

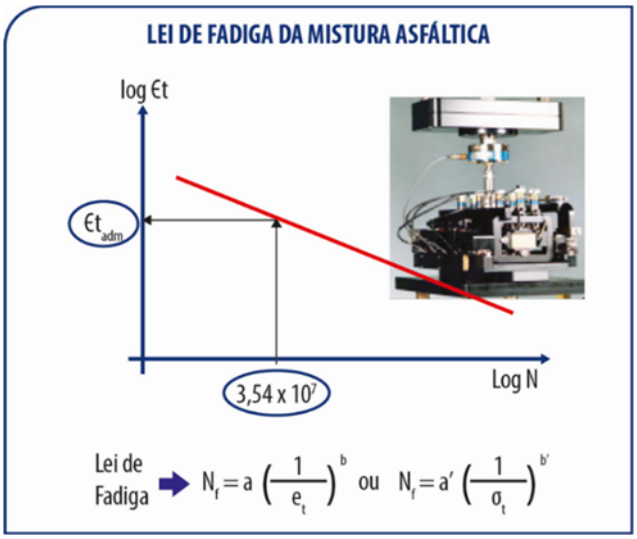


Figura 169 - Determinação das Leis de Fadiga de Misturas Asfálticas por Caracterização Laboratorial

- Leis de fadiga obtidas por correlações analíticas:

Vários são os organismos normativos, centros de pesquisas e universidades que desenvolvem estudos de altíssimas qualificações e propõem leis comportamentais, umas mais simples e outras mais completas, que consideram as principais propriedades fenomenológicas e reológicas dos ligantes asfálticos de constituição e as propriedades físicas das misturas betuminosas.

Dentre as mais simples, que correlacionam apenas os números de aplicações de carga com as tensões e/ou extensões máximas admissíveis, merecem destaque:

Quadro 1 – Leis de fadiga, entidades e pesquisadores

LEIS DE FADIGA, ENTIDADES E PESQUISADORES	
AUTORES	**EXPRESSÕES**
Centre de Recherches Routières – CRR	$E_t = 1{,}600 \times 10^{-3} \times N^{-0{,}210}$
Transport and Road Research Laboratory – TRRL	$E_t = 5{,}480 \times 10^{-3} \times N^{-0{,}231}$
University of Texas (B.W. Porter and T.W. Kennedy)	$E_t = 2{,}770 \times 10^{-3} \times N^{-0{,}329}$
Federal Highway Administration (FHWA)	$E_t = 1{,}930 \times 10^{-3} \times N^{-0{,}194}$
Pier Ullidtz (Denmark)	$E_t = 2{,}280 \times 10^{-3} \times N^{-0{,}178}$
Nottingham University Mistura Densa – CAP pen.100 Mistura Densa – CAP pen.180/200 Concreto Asfáltico	 $\epsilon_t = 6{,}810 \times 10^{-3} \times N^{-0{,}285}$ $\epsilon_t = 11{,}38 \times 10^{-3} \times N^{-0{,}347}$ $\epsilon_t = 3{,}480 \times 10^{-3} \times N^{-0{,}204}$
TRRL (Pell e Brown) 7,9% de CAP e 2,9% de vazios 6,5% de CAP e 3,6% de vazios	 $\epsilon_t = 1{,}754 \times 10^{-3} \times N^{-0{,}196}$ $\epsilon_t = 0{,}873 \times 10^{-3} \times N^{-0{,}164}$
NAASRA (Austrália)	$\epsilon_t = 3{,}570 \times 10^{-3} \times N^{-0{,}200}$
LNEC (P. Gontijo)	
Estágio de Fadiga – Fissuração Incipiente à Superfície (N_1)	$\epsilon_t(N_1) = 3{,}803 \times 10^{-3} \times N_1^{-0{,}26}$
Estágio de Fadiga – Fissuração em Malha à Superfície (N_2)	$\epsilon_t(N_2) = 6{,}051 \times 10^{-3} \times N_2^{-0{,}29}$
Estágio de Fadiga – Fissuração sem Reação Adicional (N_3)	$\epsilon_t(N_3) = 1{,}618 \times 10^{-2} \times N_3^{-0{,}35}$

Na indisponibilidade de se poder definir em laboratório a Lei de Fadiga da mistura asfáltica selecionada, e caso se queira trabalhar com margem plena de segurança – principalmente em estradas submetidas a tráfego extremamente pesado e volumoso –, julga-se que a seleção da Lei de Fadiga Mais Severa pode ser definida pela análise do espectro envoltório das leis comportamentais propostas por diferentes entidades/pesquisadores, espectro que permite definir os valores limítrofes máximos admissíveis garantidores dos bons e maus comportamentos.

Assim, de modo bastante conservador, mas com segurança plena, a Lei de Fadiga que garante o "bom" comportamento das misturas asfálticas é definida pela expressão:

$$\varepsilon_t = 11{,}10 \times 10^{-3} \, N^{-0{,}349}$$

Na ilustração gráfica exibida a seguir, apresenta-se o espectro das Leis de Fadiga consideradas e os limites que disciplinam as garantias de "Bom" e Mau" comportamentos de misturas asfálticas, limites que podem ser considerados bastante conservadores na linha de segurança de resultados; os resultados dizem respeito a valores de deformação relativa de tração horizontal estabelecidos em função no número de aplicação da carga padrão de 8,2t:

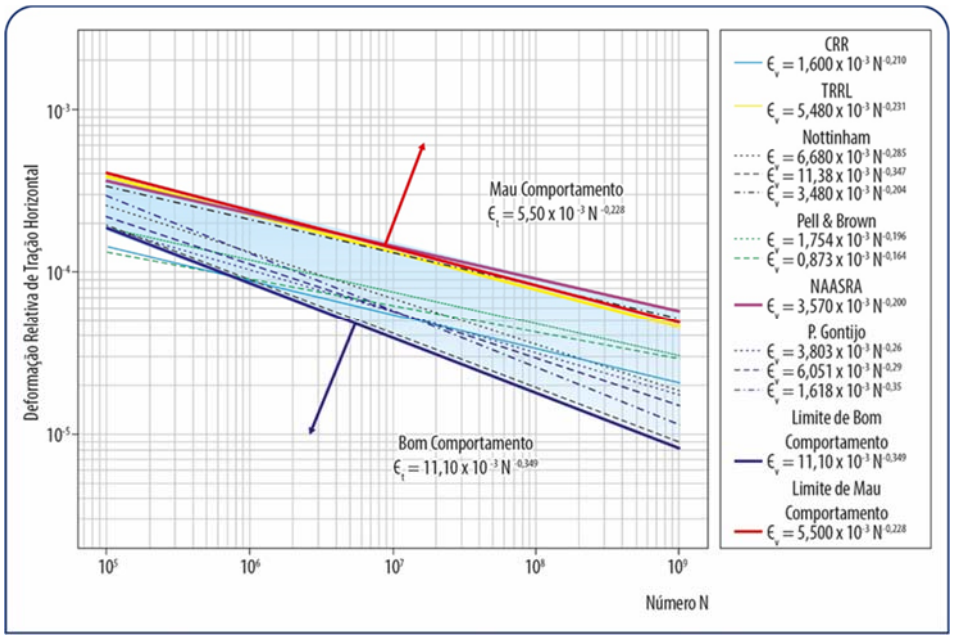


Figura 170 – Espectro de Leis de Fadiga de Fadiga que disciplina os ‘Bom” e “Mau” comportamento de misturas asfálticas

Mais recentemente (2004), todavia, os extensos experimentos de campo desenvolvidos pelo Programa SHRP através de seu *Long Term Pavement Performance (LTPP)* com 640 trechos experimentais – aos quais se somaram ainda resultados de pesquisas realizadas por outras entidades associadas – foram objeto de *pesquisa final* patrocinada pela American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) e propiciaram o desenvolvimento de um Guia de Dimensionamento de Pavimentos nos EUA – *Guide For Mechanistic-Empirical Design Of New And Rehabilitated Pavement Structures*.

As pesquisas realizadas contaram com a cooperação da Federal Highway Administration (FHWA), tendo sido conduzidas pela National Cooperative Highway Research Program, que é administrada pelo Transportation Research Board (TRB) do National Research Council.

No âmbito dos trabalhos desenvolvidos, os pesquisadores do NCHRP 1-37A, após estudos substancialmente específicos, concluíram pela contemplação de apenas dois modelos previsionais de leis de fadiga de misturas asfálticas, os quais foram selecionados para serem avaliados e calibrados com base em dados extraídos de pistas experimentais, *seguramente por suas consistências*.

Os métodos selecionados foram desenvolvidos por dois organismos de renome mundial: a Shell Oil (Bonnaure, F., Gravois, A., and Udron, J. - A New Method of Predicting the Fatigue Life of Bituminous Mixes. *Journal of the Association of Asphalt Paving Technologist, vol. 49, 1980*) e o The Asphalt Institute. *(*Research and Development of the Asphalt Institute’s – Thickness Design Manual (MS-1), 9th Edition. *Research Report 82-2, 1982*).

Em face, entretanto, das diferenças nas precisões iniciais aliadas ao fato de o modelo do The Asphalt Institute ter evidenciado melhores tendências e menor dispersão na correlação com os dados de campo, os pesquisadores decidiram abandonar as abordagens com o Shell Oil e de concentrar esforços apenas na calibração final do modelo MS-1.

Essa decisão veio reforçada pelo fato de esse modelo de fadiga adotado ter sido fortemente avaliado em numerosas e expressivas experimentações de campo (640 trechos experimentais);

complementarmente, vale destacar que os pesquisadores não constataram nenhuma evidência efetiva de ocorrência de fissurações longitudinais do tipo top-down.

O modelo de fadiga selecionado foi, por conseguinte, o proposto pelo The Asphalt Institute (Manual Series MS-1), o qual se baseia predominantemente em ensaios de fadiga realizados à tensão constante, tendo sido estabelecido com base em resultados de numerosas e sequenciais experimentações; o modelo é definido por uma lei de fadiga única:

$$N_f = f_0.C\,[4,325\,x\,10^{-3}\;\;x\;(\frac{1}{\varepsilon})^{3,291}\,x\left(\frac{1}{E}\right)^{0,854}]$$

em que:

Nf = Número terminal de solicitações do eixo-padrão rodoviário;

εt = Deformação específica horizontal na fibra inferior da camada betuminosa;

E = Módulo de rigidez da mistura, em psi;

f0 = Fator laboratório–campo introduzido na equação com o objetivo de converter os resultados de fadiga obtidos em laboratório (bastante mais severos) em resultados de campo e

C = Fator de ajustagem na formulação de diferentes misturas por meio da equação:

$$C = 10^{M} \quad \text{onde} \quad M = 4,84\,x\left(\frac{V_b}{V_v+V_b} - 0,69\right)$$

em que:

Vv = Volume de vazios;

Vb = Teor efetivo de betume (%).

Esta equação modelo foi desenvolvida por Witczak et al. (Thickness Design Manual – MS-1 – 9th Edition) que utilizou a relação básica de fadiga desenvolvida por Fred Finn et al. em seu estudo clássico apresentado no NCHRP Project 1-10 (Systems Approach to Pavement Systems Formulation, Performance Definition and Materials Characterization – Final Report – Materials Research and Development, Inc., March 1968) incorporando os ajustes volumétricos desenvolvidos por Carl Monismith et al.

Cabe ressaltar complementarmente o fato de o The Asphalt Institute ter utilizado um fator de calibração igual a 18,4 para ajustar os resultados de laboratório – bastante mais severos que as solicitações de campo – às constatações de campo, considerando um nível de fissuração – nas trilhas de roda – igual a 20%.

4.2.7.3.4.4.4. Verificação da Resistência das Camadas de Reforço à Fadiga

Uma vez estabelecida a lei de variação dos *esforços máximos atuantes* na face inferior da camada de reforço estrutural considerando diferentes espessuras e definido o esforço resistente *máximo admissível* intrínseco à mistura asfáltica selecionada, em função do número de solicitações previsto para sua prestação de serviços futura – *lei de fadiga* –, o passo seguinte, no âmbito da presente metodologia, consiste em promover o respectivo cotejamento, procedimento que visa permitir a definição de espessuras que garantam a plena submissão das *tensões e/ou extensões atuantes à tensão e/ou extensão resistente máxima admissível.*

Desta forma, a definição da espessura final a ser considerada para se contemplar o fenômeno da fadiga na camada de reforço deve ser disciplinada pela compatibilização entre os esforços atuantes e o esforço resistente admissível:

$$\sigma_{h\ (atuante)} \leq \sigma_{t\ (lim.)} \quad \text{e/ou} \quad \varepsilon_{h\ (atuante)} \leq \varepsilon_{t\ (lim.)}$$

Com o objetivo de ilustrar a presente proposição, promoveu-se a representação gráfica da lei de variação dos esforços atuantes máximos na face inferior da camada de reforço considerando diversas espessuras e do esforço resistente máximo admissível, intrínseco à mistura selecionada; a espessura a ser selecionada, tal como já mencionado, deve ser ditada pela garantia de que o esforço atuante não sobrepuje o esforço resistente:

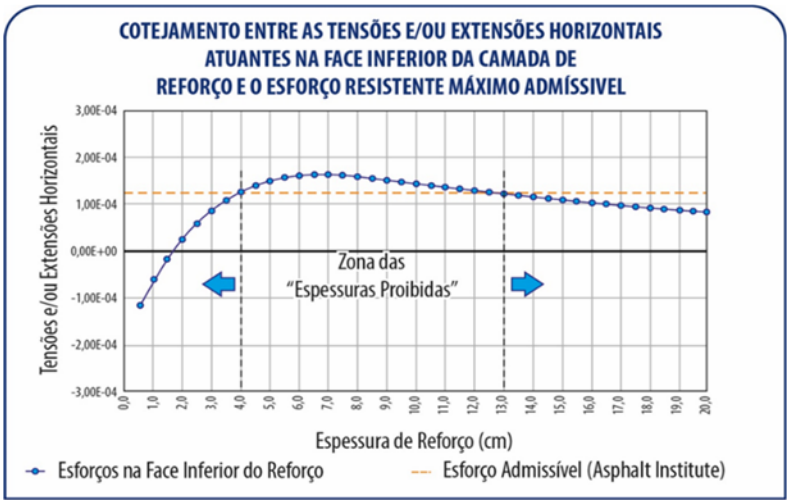


Figura 171 – Cotejamento entre os esforços atuantes na face inferior da camada de reforço e o esforço máximo admissível para o material

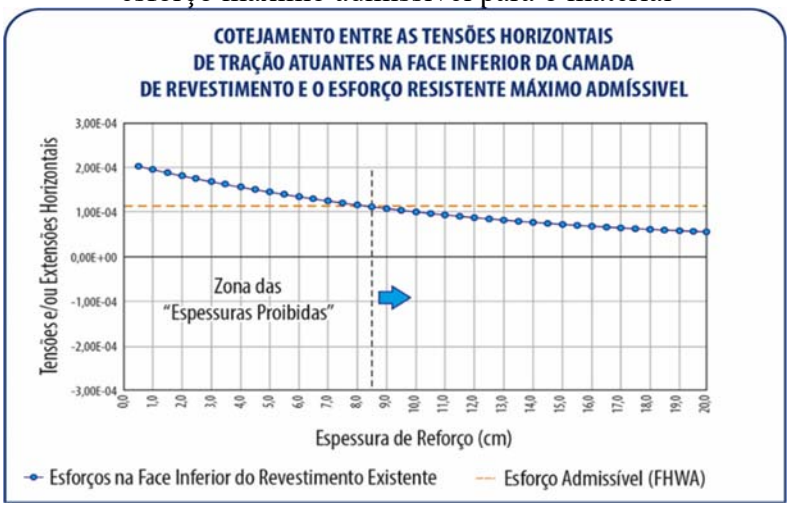


Figura 172 – Cotejamento entre os esforços atuantes na face inferior da camada de revestimento existente e o esforço máximo admissível para o material

4.2.7.3.4.4.5. Espessuras de Reforço para atendimento ao Critério de Fadiga

A proposição de um reforço estrutural requer, pelos compêndios convencionais, a definição da espessura ideal, a qual é normalmente obtida por meio de formulações matemáticas que contemplam uma série de parâmetros de comportamento.

No caso da Metodologia Paragon, a filosofia para definir a espessura de um reforço estrutural é, entretanto, diferente, pois não se busca a espessura ideal e sim a definição das espessuras que não podem ser adotadas, identificadas por aquelas nas quais os esforços atuantes sobrepujam o esforço resistente máximo admissível. Destarte, excluídas as espessuras dispostas na "zona proibida", qualquer espessura atende ao critério proposto.

No caso do dimensionamento do reforço estrutural, o cotejamento entre a lei de variação dos esforços solicitantes e o esforço máximo admissível, intrínseco à mistura asfáltica, estabelece duas "zonas de espessura admissíveis", instituídas pelas interseções da curva de variação dos esforços atuantes com a reta que traduz o valor do esforço resistente admissível: a zona situada aquém da primeira interseção e a zona disposta além a segunda interseção; a zona intermediária define a "zona das espessuras proibidas", na qual os esforços atuantes sobrepujam os esforços resistentes:

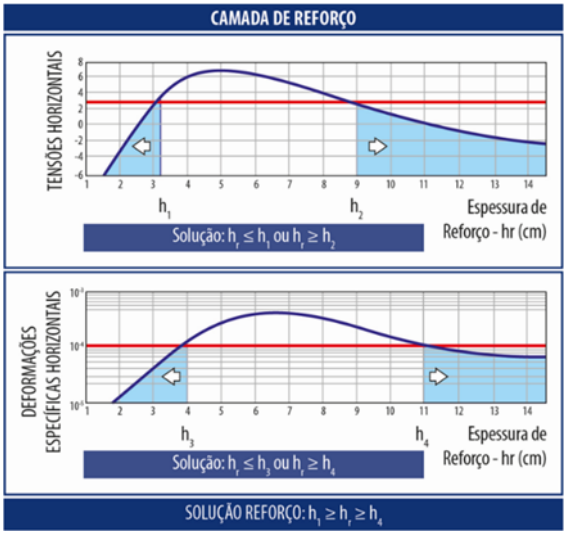


Figura 173 - Cotejamentos entre as leis de variação das tensões e extensões máximas atuantes e os esforços resistentes máximos admissíveis em uma camada de reforço asfáltico

Cabe ainda destacar que em alguns casos – função da robustez da estrutura vigente e do número de solicitações previsto –, o esforço máximo admissível pertinente à resistência à fadiga da mistura preconizada para constituição do reforço estrutural não é atingido pela curva de variação dos esforços atuantes, condição que estabelece uma singularidade notável: qualquer espessura de reforço, tendo em conta a fadiga da mistura asfáltica selecionada, é suficiente; o pavimento não demanda aportes estruturais – em termos de fadiga – para garantir o seu perfeito desempenho durante sua prestação de serviço futura.

4.2.7.3.4.5.2ª Condição de Dimensionamento: Verificação da Resistência do Revestimento Asfáltico Existente à Fadiga

4.2.7.3.4.5.1. Modelos de Fadiga de Misturas Asfálticas

Na ótica da metodologia Paragon, é importante se ter em conta e avaliar a severidade dos esforços de tração que continuarão a solicitar a camada de revestimento existente após o reforço estrutural, haja vista que suas naturezas consumistas responderão, seguramente, pela continuidade do processo de fadiga, embora com menor intensidade.

Assim, tal como evidenciado para a camada de reforço estrutural, os esforços horizontais que se desenvolvem no seio da camada de revestimento existente – mesmo após protegido por uma camada de reforço estrutural – não são simples, pois todos os seus elementos internos são submetidos, de forma sistemática, à esforços de tração horizontal alternada e verticais de compressão, esses diminuindo com a profundidade.

4.2.7.3.4.5.2. Lei de variação dos Esforços Atuantes na Face Inferior da Camada de Revestimento Existente após o Reforço

Como a camada de revestimento existente é dotada de "efeito de placa", torna-se ela sujeita a esforços de tração em sua face inferior, os quais serão máximos quando a camada se encontra desnudada, despida de cobertura, em seu estado natural. Inclusivamente, foi esse nível de solicitação máxima que respondeu pelo presente estágio de fadiga do revestimento existente, o qual passou a reclamar condições de alívio para dar continuidade à sua prestação de serviços futura.

Assim considerando, a definição da espessura de reforço para esse atendimento específico deve ser processada de forma análoga à anterior, garantindo que os esforços solicitantes na face inferior da camada de revestimento existente sejam subordinados ao esforço resistente máximo admissível, intrínseco ao material constituinte e às condições vigentes.

No âmbito da presente metodologia, o processo de resolução dessa exigência consiste, primeiramente, na determinação da lei de variação dos esforços atuantes na camada de revestimento existente, calculada contemplando espessuras de reforço estrutural crescentes, de 0,5 em 0,5cm:

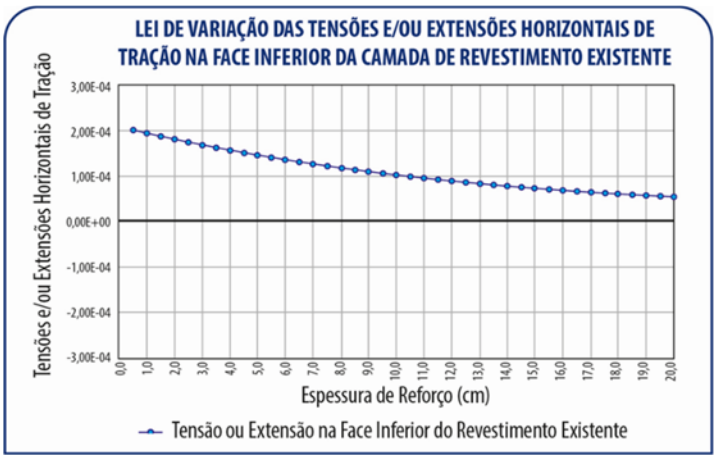


Figura 174 – Esforços de tração atuantes na face inferior da camada de revestimento existente sobreposta por reforço estrutural externando diferentes espessuras

Aplicado esse procedimento, verifica-se que a lei de variação dos esforços na camada de revestimento existente com o aumento das espessuras da camada de reforço é disciplinada por um comportamento diferenciado daquele verificado para o reforço, pois os valores dos esforços de tração serão, nesse caso, sempre decrescentes: tanto maior a espessura do reforço, tanto menor o esforço atuante na face inferior da camada de revestimento existente.

Essa particularidade, bastante natural face o revestimento externar uma espessura constante – inexistência de espessuras reduzidas – culmina, entretanto, com as mesmas premissas definidas anteriormente, pois grandes espessuras de reforço – dotadas massa inercial notável – aliviam enormemente a camada de revestimento, a qual pode passar a trabalhar em regime de tração simbólico, de muito pequena magnitude; sob tais condições, a camada de revestimento existente se encontra resguardada do fenômeno da fadiga, particularidade que impede a evolução de seu trincamento atual durante sua prestação de serviços futura.

Cabe ressaltar nessa proposição final que os valores modulares das camadas do pavimento (revestimento, base, sub-base) e do solo de fundação são aqueles definidos pela retroanálise e que o valor modular da camada de reforço é determinado em experimentações laboratoriais ou pelo emprego de leis preditivas, fundamentadas nas características físicas da mistura asfáltica e reológicas do ligante asfáltico de constituição.

Na complementação desse processo, vale realçar que a seleção da lei de fadiga para definição dos valores resistentes admissíveis da mistura asfáltica antiga – naturalmente combalida, objeto de inúmeras solicitações e muitas vezes externando fissurações consideráveis que, inclusive, respondem pela demanda das obras de recuperação do pavimento existente –, precisa ser vislumbrada com reservas, tarefa bastante delicada que exige muita meticulosidade e prudência.

4.2.7.3.4.5.3. Leis de Comportamento à Fadiga da Mistura Asfáltica Componente do Revestimento Existente

Conforme exposto, a Metodologia Paragon preconiza avaliar também as condições de resistência à fadiga da camada de revestimento existente quando de sua consideração para composição final do pavimento pós-restaurado, proposição a ser admitida quando externa índices de trincamento máximo da ordem dos 20%.
No âmbito dessa proposição, relembra-se o melindre e a delicadeza de se avaliar a "vida residual de fadiga" de uma camada de revestimento existente, com longa prestação de serviços e já externando níveis consideráveis de fissuração (máximo de 20%), caso contemplada a sua permanência na estrutura final após o reforço. Para o efeito, ajuizou-se, após uma série de análises e contemplações, que a lei de fadiga mais apropriada para contemplar as condições vigentes seria aquela desenvolvida pela Highway Administration – FHWA (1985), estabelecida contemplando o emprego de parâmetros de formulação pertinentes à mistura existente e características fenomenológicas do ligante recuperado.
Essa lei previsional, selecionada com o objetivo de se avaliar a resistência residual à fadiga de uma mistura asfáltica já combalida, para além da consideração do percentual de trincamento nas trilhas de roda, considera os seguintes parâmetros principais:

- o módulo de rigidez do revestimento existente (definido por meio das retroanálises);
- a deformação específica máxima de tração calculada na face inferior da camada asfáltica, e

- o teor volumétrico do ligante asfáltico recuperado e suas características fenomenológicas e reológicas (penetração, temperaturas de amolecimento e da mistura, índice de suscetibilidade térmica, índice de penetração, etc.).

A lei proposta pela FHWA – Federal Highway Administration é definida pela expressão (1985):

$$N_f = f_i\,[2,67\,x\,10^{-10} x\,\beta^5 x\,\varepsilon_t^{-5}\,x\,|E^*|^{-1,4}]$$

em que:

Nf = Vida de fadiga da camada asfáltica;

β = 0,300 x PI - 0,015 x PI x Vb - 0,198;

em que:

PI = (20 - 500 x IST)/(1 + 50 x IST);

IST = (log 800 - log Pen)/(Tab - Tpen)

E* = Módulo dinâmico (ksi);

εt = Deformação máxima de tração atuante na camada asfáltica;

IST = Índice de susceptibilidade térmica do asfalto;

PI = Índice de penetração do asfalto;

Tab = Temperatura de amolecimento "Anel & Bola";

Tpen = Temperatura do ensaio de penetração (Fº);

Vb = Volume de asfalto (%);

fi = Fator de calibração laboratório – campo do modelo:

a) 12,32 para 10% ou menos de área com trincas FC-2;

b) 16,20 para 20% de área com trincas FC-2.

Nessa equação da FHWA observa-se a contemplação de um fator de calibração denominado laboratório – campo, proposto para se estabelecer uma maior identidade entre os resultados obtidos em ensaios de laboratório – extremamente mais severos, realizados de forma continuada sob carregamentos constantes e processados até que haja a ruptura do corpo de prova – e as solicitações reais, verificadas no campo, onde as cargas ocorrem de formas atemporal e aleatória; tais fatores de ajuste são tanto mais condescendentes quanto maior o índice de fissuração admitido.

Todavia, tendo em conta que a camada de revestimento a ser avaliada já se encontra combalida, externando índices de fissuração de até 20%, ajuíza-se que para o cálculo sua vida de fadiga residual se justifica a abstração desse fator de ajuste, adotando a lei de fadiga da FHWA na sua forma original. Embora essa proposição já agregue, per se, um caráter bastante conservador, julga-se que a debilidade adquirida durante a prestação de serviços da camada de revestimento pode ser mais adequadamente contemplada descontando o número de aplicações de carga já suportado pelo pavimento existente (admissão de maiores extensões de tração):

$$N_f - N_{Suportado} = [2,67\,x\,10^{-10}\,x\,\beta^5\,x\,\varepsilon_t^{-5}\,x\,/E^*/^{-1,4}]$$

Finalmente, a título de acautelamento, cumpre lembrar mais uma vez que o cotejamento entre os esforços de tração atuantes na face inferior da camada de revestimento antigo e o valor de sua vida de fadiga residual precisa ser vislumbrado com reservas, sempre com muita meticulosidade e prudência. Entretanto, julga-se que a contemplação do nível de "alívio" proporcionado à camada existente pela sobreposição da camada de reforço, "fecha o cerco" a eventuais falhas por omissão, as quais podem responder por insucessos causais – e nunca considerados –, decorrentes de falência comportamental externada pela camada de revestimento.

4.2.7.3.4.5.4. Verificação da Resistência da Camada de Revestimento Existente à Fadiga

Uma vez estabelecidas a lei de variação dos *esforços máximos atuantes* na face inferior da camada de revestimento existente considerando distintas espessuras de reforço e selecionada a lei de fadiga para definição do *esforço resistente máximo admissível* para o número de solicitações previstos para incidir sobre o pavimento durante sua prestação de serviços futura, o passo seguinte, no âmbito da presente metodologia, consiste em promover o respectivo cotejamento.

Esse procedimento final almeja, por conseguinte, definir as espessuras de reforço que garantam a plena submissão das *tensões e/ou extensões horizontais de tração máximas atuantes à tensão e/ou extensão resistente máxima admissível* pertinente ao material constituinte da camada de revestimento existente, determinada em função do número de aplicações de carga previsto para sua prestação de serviços futura (Lei de Fadiga). Essa exigência assim se expressa:

$$\sigma_{h\ (atuante)} \leq \sigma_{t\ (lim.)} \quad \text{e/ou} \quad \varepsilon_{h\ (atuante)} \leq \varepsilon_{t\ (lim.)}$$

Com o objetivo de ilustrar a presente exigência, promoveu-se a representação gráfica da lei de variação dos esforços atuantes máximos na face inferior da camada de revestimento existente considerando diversas espessuras e do esforço resistente máximo admissível, intrínseco à mistura existente; a espessura a ser selecionada, tal como já mencionado, deve ser ditada pela garantia de que o esforço atuante não sobrepuje o esforço resistente:

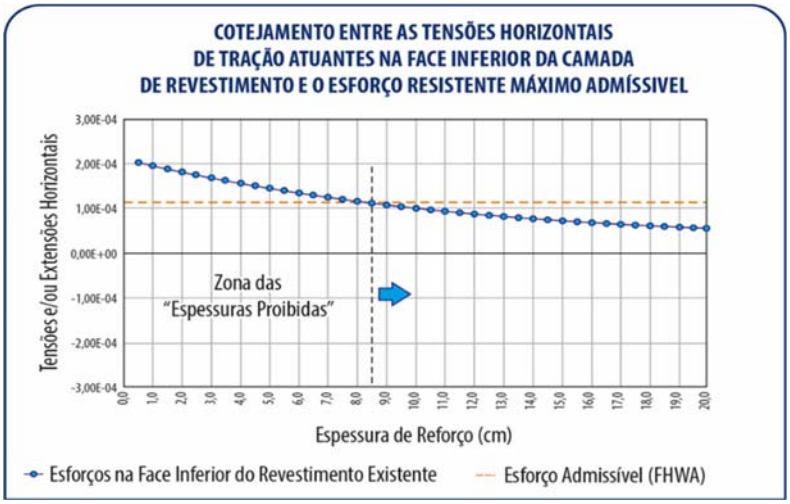


Figura 175 – Cotejamento entre os esforços atuantes na face inferior da camada de revestimento existente e o esforço máximo admissível para o material

4.2.7.3.4.5.5. Espessuras de Reforço para Atendimento ao Critério de Fadiga

A Metodologia Paragon preconiza a verificação, de forma Adicional, da qualificação da camada de revestimento asfáltico existente para a sua prestação de serviços futura (vida de projeto), a ser processada contemplando os esforços de tração que atuarão sua fibra mais tracionada (após o reforço) e seu esforço resistente máximo admissível.

Assim, caso definido pelo aproveitamento dessa camada de revestimento no âmbito da estruturação final, julga-se importante – em que pese algumas (válidas) contestações – aferir ou pelo menos avaliar seu comportamento futuro frente ao número de solicitações a que ainda será submetida, sistemática que objetiva "fechar o cerco" a eventuais falhas por inadequabilidade intrínseca.

Assim considerando, o reforço estrutural passa a ter uma responsabilidade a mais, qual seja, a se proteger também a camada de revestimento asfáltico existente. Sua obrigação única é garantir alívio à camada de revestimento existente garantindo, com sua espessura, que os esforços de tração que a atuarão sejam submissos ao seu esforço resistente máximo admissível; o esforço solicitante máximo na camada de revestimento – marco inicial – se verifica quando ela ainda se encontra desnudada, despida de qualquer cobertura (sem camada de reforço).

Sob tais condições, a interseção da reta correspondente ao valor limite máximo admissível de fadiga só intercepta a curva de variação dos esforços atuantes com as variações de espessura uma única vez, estabelecendo, assim, duas zonas de admissibilidade: a zona disposta antes da interseção que corresponde à zona de espessuras proibidas (esforços atuantes superiores ao esforço resistente da camada de revestimento) e a zona disposta após a interseção que traduz a zona das espessuras admissíveis (esforços atuantes submissos ao resistente). A seleção da espessura final de reforço fica a critério do projetista, porém, sempre condicionada às demandas das outras condições de dimensionamento.

Por fim, cabe destacar que em alguns casos – função da robustez do reforço estrutural e da qualificação do revestimento existente –, o limite de resistência máximo admissível da camada de revestimento existente pode não ser atingido pela curva de variação dos esforços atuantes, condição que estabelece uma singularidade notável: a camada de revestimento existente não demanda quaisquer benefícios estruturais para sua prestação de serviços futura (Figura 21).

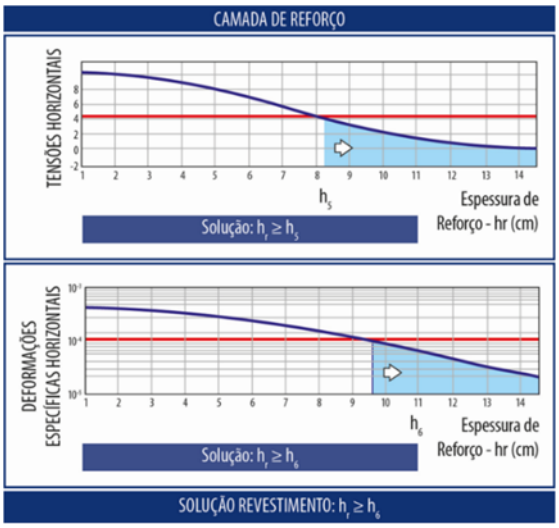


Figura 176 - Cotejamentos entre as leis de variação das tensões e extensões máximas atuantes e os esforços resistentes máximos admissíveis na camada de revestimento existente

4.2.7.3.4.5.6. Condição de Verificação Adicional: Resistência à Fadiga de Camadas de Base ou Sub-base Compostas com Cimento Portland

Quando os pavimentos são compostos com camadas de base ou sub-base cimentadas – dotadas de "efeito de placa" – são eles denominados "semirrígidos", e tais camadas, quando sujeitas a carregamentos externos, são submetidas a esforços de tração em suas faces inferiores, os quais, caso excessivos ou de monta significativa, respondem por seus processos de trincamento por fadiga, portanto distintos daqueles derivados de origens térmicas (acomodação volumétrica).

A surgência e evolução do processo de trincamento por fadiga se dá de forma similar àquela que ocorre nas camadas asfálticas, e a vida de fadiga é definida pela relação entre as tensões e/ou deformações específicas e o número terminal de aplicações de carga.

Assim, tendo em conta os benefícios que advêm do emprego de camadas cimentadas de elevada rigidez na constituição dos pavimentos, capazes de aliviar sobremaneira as tensões no topo do leito do pavimento, torna-se naturalmente necessário ter em conta, no dimensionamento de um reforço estrutural – quando for o caso – também os critérios de ruptura por fadiga das camadas tratadas com cimento.

Entretanto existe uma diferenciação comportamental natural entre as "bases cimentadas", tratadas com percentuais elevados de cimento Portland – sempre superiores a 5% – e as "bases modificadas (ou melhoradas) com cimento", as quais são contempladas com reduzidos teores de cimento Portland, da ordem dos 3 a 4%. Nas primeiras, que podem ser compostas com britas graduadas ou solos, são naturais as ocorrências de trincas por retração térmica, que demandam avaliações através de ensaios de resistência à tração, e nas segundas, compostas com os mesmo materiais e teores mais reduzidos de cimento, não se verificam trincamentos de acomodação volumétrica, podendo suas características de suporte serem definidas por ensaios CBR.

4.2.7.3.4.5.7. Leis de Comportamento à Fadiga de Bases de Solo Cimento (SC) e de Solo Modificado (Melhorado) com Cimento (SMC)

Mais recentemente, quando do desenvolvimento do novo Guia de Dimensionamento de Pavimentos - MEPDG dos EUA, a Portland Cement Association (PCA) fez novas

experimentações para rever seus antigos modelos de fadiga para bases de Solo-Cimento (SC) e de Solos Modificados (ou Melhorados) com Cimento (CMS).

De forma objetiva, avaliaram primeiramente os procedimentos laboratoriais necessários para definição do Módulo Resiliente (Mr) e do Módulo de Ruptura (Mrup), estabeleceram os conceitos e desenvolveram software específico para dimensionamento mecanístico de pavimentos compostos com bases cimentadas que consta do Manual for the CTB Computer Thickness Design Program – Thickness Design Systems for Pavements Containing Soil-Cement Bases – Scullion T. et alli. – PCA R&D SN2863 – 2008.

Tendo em conta as manifestações relatadas pelos pesquisadores sobre as dificuldades de realizar ensaios laboratoriais de fadiga com misturas solo-cimento e solos modificados com cimento – fundamentalmente os ensaios de módulos resilientes e de ruptura –, a PCA julgou extremamente válido adotar o modelo de fadiga da ASSHTO (2004) estabelecido no âmbito do projeto NCHRP 1-37A, o qual estabeleceu a lei de previsão de trincamento por fadiga para camadas estabilizadas com cimento Portland a seguir expressa:

$$logN_f = \frac{0{,}972\beta_{c1} - \sigma_t / M_{rup}}{0{,}0825\beta_{c2}}$$

em que:

N_f = Número de repetições para trincamento por fadiga da camada cimentada;
σ_t = Tensão máxima de tração induzida na fibra inferior da camada cimentada sob carga (psi);
M_{rup} = Módulo de Ruptura (Resistência Estática à Tração na Flexão – $f_{t,f}$ aos 28 dias) (psi);
βc1, βc2 = Fatores de calibração em campo para bases tratadas com cimento.

O processo de calibração desse novo modelo de fadiga para os solos-cimento foi composto de três etapas:

- na primeira etapa, as equações de dimensionamento da Portland Cement Association (PCA) (Packard 1970) foram usadas para calcular o número de repetições de carga para falha (Nf) para uma série de trechos experimentais de pavimento;

- na segunda, empregou-se um programa de cálculo elástico linear para o cálculo da tensão induzida (σt) na camada cimentada e cálculo da razão σt/Mrup para os pavimentos de cada trecho experimental, considerando os tipos de veículos comerciais e distintas configurações de carga e

- na terceira, foram feitas análises de regressão para gerar valores para os fatores de calibração de campo β da expressão anterior; os valores definidos foram:

Solos granulares:

(A-1, A-3, A-2-4 e A-2-5)
βc1=1,0645, βc2=0,9003

Solos finos:

(A-2-6, A-2-7, A-4, A-5, A6 e A-7)
βc1=1,8985, βc2=2,5580

Complementarmente, vale citar que a PCA desenvolveu, há muitos anos, uma relação de fadiga para projetar pavimentos contendo bases estabilizadas quimicamente com cimento Portland. Essa relação é também uma função da relação de tensões, mas de forma exponencial:

$$N_f = \left(\frac{\beta_{c4}}{\sigma_t / M_r}\right)^{\beta_{c3}.20}$$

em que:

- Bases tratadas com cimento:

$$Bc3 = 1{,}0259,\ \beta c4 = 1{,}1368$$

- Solos granulares finos:

$$Bc3 = 0{,}6052,\ \beta c4 = 2{,}1154$$

Dessas duas proposições, verificam-se duas nomenclaturas diferentes para os módulos empregados – Módulo de Ruptura – Mrup e Módulo Resiliente – Mr – decorrentes dos diferentes métodos de ensaio aplicados, para os quais se estabeleceram, seguidamente, correlações extremamente interessantes, principalmente tendo-se em conta as proclamadas dificuldades (relatadas pelos pesquisadores), as indisponibilidades de execução de ensaios mais elaborados e sofisticados e as facilidades decorrentes da realização de ensaios de resistência à compressão simples (RCS).

Para aclarar a distinção entre os métodos de ensaio retrocitados e as correlações estabelecidas, apresenta-se, a seguir, uma explanação sintética:

- *Módulo Resiliente* – Mr

O método de ensaio empregado para determinação do Módulo Resiliente (Mr) foi o AASHTO T 292-91 e os ensaios foram processados com o emprego dos corpos de prova cilíndricos dotados de índice de esbeltez λ = 2 (6 x 12 polegadas) – após 7 dias e 28 dias de cura úmida – submetidos a um nível de carregamento igual a 100psi; as cargas foram aplicadas ciclicamente com tempos de carga igual a 0.1s e de repouso igual a 0,9s com corpos de prova não confinados.

A deformação axial total resistente de cada espécime, após um período de condicionamento de 200 ciclos, foi medida com LVDT, e os resultados dos últimos cinco ciclos foram usados para calcular o módulo resiliente.

- *Módulo de Ruptura* – Mrup

Nos estudos efetuados foram feitos também ensaios para determinação do Módulo de Ruptura (Mrup) empregando o método de tração estática na flexão, com o uso de vigotas pré-moldadas após 28 dias de cura úmida; uma representação esquemática do ensaio é apresentada na Figura 22.

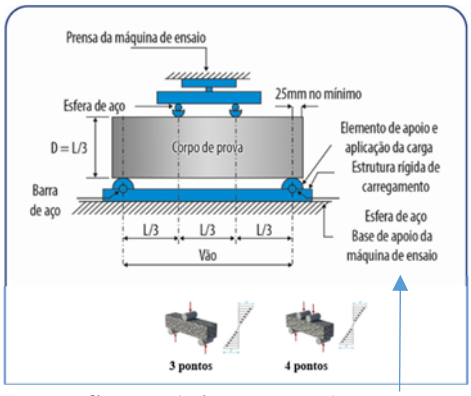


Figura 177 - Ensaio de tração na flexão (Flexotração) com carregamento de quatro pontos

- Resistência à Compressão Simples (RCS)

Dos procedimentos de ensaios feitos, a pesquisa evidenciou, de forma clara e explícita, que a realização dos ensaios de módulo resiliente com solo-cimento é extremamente difícil de executar, pois a preparação do corpo de prova e a montagem dos sensores são muito difíceis, além de demandarem equipamentos sofisticados e onerosos; somam-se a essas dificuldades os problemas de ruído nos sinais detectados pelos sensores, os quais comprometem seriamente os resultados obtidos.

Desta forma, apostando nas facilidades de execução dos ensaios para determinação da Resistência à Compressão Simples sem confinamento (ASTM D1633), empregaram corpos de prova cilíndricos com carga aplicada continuadamente e sem choque, a uma velocidade constante e igual a 0,135in./min (3,4mm/min), sem os corpos de prova serem submetidos à imersão em água por 4 horas. Os CP eram cilíndricos com índice de esbeltez λ = 2, porém externando distinção nas dimensões: para os ensaios de solo-cimento, corpos de prova cilíndricos de 4 x 8 polegadas e para os solos modificados com cimento, 6 x 12 polegadas.

Assim, no âmbito dos estudos efetuados, estabeleceram-se correlações dos resultados RCS com os módulos resiliente e de ruptura, a saber:

- *Módulo de Resiliência* – Mr versus Resistência à Compressão Simples – RCS28 dias:

$$\boldsymbol{M_r = 62,5\sqrt{RCS_{28\ dias}}}$$

em que:

Mr = Módulo Resiliente (ksi);
RCS = Resistência à compressão simples (psi).

- *Módulo de Ruptura* – Mrup versus Resistência à Compressão Simples – RCS28 dias:

$$\boldsymbol{M_{rup} = 5,285\sqrt{RCS_{28\ dias}}}$$

em que:
Mr = Módulo Resiliente (ksi);
RCS = Resistência à compressão simples (psi),
Finalmente, em uma busca de equacionar um grande problema dos projetistas de pavimentos – a longa espera relativa a um período de cura de 28 dias –, os pesquisadores desenvolveram

correlações entre o Módulo de Ruptura após os 28 dias de cura – Mr28 e a Resistência à Compressão Simples com 7 dias de cura – RCS7, tendo-se obtido os seguintes resultados:

- Bases de Solo-Cimento:

$$M_{r28} = 7{,}24\sqrt{RCS_7}$$

- Bases de Solo Modificado com Cimento:

$$M_{r28} = 6{,}04\sqrt{RCS_7}$$

em que:
M_r = Módulo Resiliente (ksi);
RCS = Resistência à compressão simples (psi).
Com base em sua experiência pregressa, a Metodologia Paragon, considera-se que a resistência à compressão simples aos 7 dias – RCS7 de misturas solo-cimento deve atender aos seguintes limites:

- Solo modificado com cimento:

Sub-Base: 1,2 a 2,0MPa
(174,045 a 290,075psi)
Base: 1,6 a 2,1MPa
(232,060 a 304,579psi)

- Solo-cimento:

Sub-Base: superior a 2,0MPa
(> 290,075psi)
Base: superior a 2,1MPa
(> 304,579psi)

Misturas do tipo solo tratado (melhorado ou modificado) com cimento e solo-cimento poderão ser, complementarmente, avaliadas em função do Índice de Suporte Califórnia da mistura, e a energia de compactação a empregar será correspondente à do Proctor Intermediário; opcionalmente, em função das características da mistura – agregados mais graúdos –, pode ser avaliado o emprego de energias de compactação mais elevadas.

4.2.7.3.4.5.8. Leis de Comportamento à Fadiga de Bases de Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC)

No caso das bases cimentadas – dotadas de "efeito de placa" –, as leis de fadiga podem ser determinadas por meio de ensaios laboratoriais ou por leis previsionais preconizadas por instituições e centros de pesquisa de renome mundial que promovem pesquisas e ensaios há muitas décadas; a realização de ensaios laboratoriais constitui, naturalmente, um procedimento ideal, em que pese a enorme dificuldade de obter corpos de prova com os padrões de nivelamento exigidos.

As camadas de brita graduada tratadas com elevados teores de cimento Portland (BGTC) - sempre superiores a 5% - se credenciam, naturalmente, à submissão de esforços de tração horizontal (tensões - σt e/ou extensões - εt), máximos em sua face inferior, que, caso não devidamente contemplados, podem responder por suas rupturas por fadiga. As camadas de brita

graduada tratadas com reduzidos percentuais de cimento Portland -da ordem dos 3 a 4% - não externam rigidez compatível para exercerem o "efeito de placa", não sendo, por conseguinte, acometidas de tensões/extensões de tração.

As leis preditivas de fadiga de bases cimentadas são expressas em termos de tensões ou extensões de tração, podendo-se citar, como exemplo, as desenvolvidas pelos pesquisadores indicados no quadro a seguir:

Quadro 2 – Leis de previsão da fadiga de bases e sub-base cimentadas

LEIS DE PREVISÃO DA FADIGA DE BASES E SUB-BASE CIMENTADAS		
PESQUISA-DORES	**PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO**	**LEI DE FADIGA**
Gschwendt et al.	Tensões de tração	$\frac{\sigma_{tf}}{\sigma_{tf\,(28\,dias)}} = 0{,}84 - 0{,}074\,logN$
Autret P. et al.	Tensões de tração	$\frac{\sigma_{t}}{\sigma_{tf\,(28\,dias)}} = 1{,}2 - 0{,}132\,logN$
Verstraeten J. et al.	Extensões de tração	$\frac{\varepsilon_{tf}}{\varepsilon_{tf\,(28\,dias)}} = 1{,}0 - 0{,}050\,logN$
Freme et al.	Extensões de tração	$\frac{\varepsilon_{tf}}{\varepsilon_{tf\,(28\,dias)}} = 0{,}83 - 0{,}091\,logN$
$\sigma_{tf(28\,dias)}$ e $\varepsilon_{tf(28\,dias)}$ = tensão ou extensão de ruptura na flexão aos 28 dias em ensaio de carregamento único (estático) σ_t e ε_t (N, P) = tensão e extensão calculadas em função do número N de aplicações de uma carga P		

Dentre as análises efetuadas, julgou-se que a lei de fadiga que melhor se apresentou, por ter-se baseado em resultados obtidos em experimentações de campo empregando o Heavy Vehicle Simulator, foi a proposta no South African Pavement Engineering Manual (SAPEM), desenvolvido na África do Sul:

$$N_f = 10^{7{,}19\,(1-\frac{\sigma_t}{8\sigma_r})}$$

em que:
Nf = Número equivalente de solicitações do eixo-padrão de 8,2t (rodas duplas) requerido para iniciar a primeira trinca por fadiga;
σt = Tensão horizontal de tração máxima solicitante (kgf/cm2);
σr = Tensão de tração na ruptura do material (kgf/cm2).
Complementarmente a essa equação preditiva, o SAPEM preconiza, com relação ao desempenho das camadas de BGTC, um modelo analítico definido pela progressão do trincamento por fadiga e estabelecido em termos de redução de seu módulo de elasticidade efetivo, traduzido pela equação:

$$\frac{E_{efetivo}}{E_0} = 0{,}1 + \frac{1}{0{,}505\,(N/N_f)^2 - 0{,}125\,(N/N_f) - 0{,}731}$$

em que:
Eef = Módulo de elasticidade efetivo vigente da camada (kgf/cm2);
E0 = Módulo de elasticidade da BGTC obtido em laboratório - camada integra com considerada no dimensionamento (kgf/cm2);
N = Número acumulado de solicitações do eixo-padrão e
Nf = Número de solicitações do eixo-padrão demandado para o início do trincamento da camada de BGTC (equação SAPEM).

4.2.7.3.4.6.3ª Condição de Dimensionamento: Verificação da capacidade de tráfego restante do pavimento existente

4.2.7.3.4.6.1. Modelos de Deformação Permanente dos Solos de Fundação

A verificação da resistência dos solos de fundação à deformação permanente, considerando similarmente o estado tensional imposto ao sistema estratificado pelas cargas do tráfego demanda, primeiramente, o cálculo das tensões e/ou deformações verticais de compressão máximas que irão atuar nas diversas camadas do pavimento, mas notadamente o solo de fundação.

Para efeito, com base nos critérios clássicos da moderna técnica estruturalista – ditados pela Mecânica dos Pavimentos, alicerçada na Teoria da Elasticidade – devem ser devidamente definidas as leis de variação das tensões e/ou extensões verticais de compressão máximas atuantes no sistema pavimento – solo de fundação considerando diferentes espessuras de reforço estrutural (variação sequencial crescente) sobrepostas ao pavimento.

Na sequência, devem ser selecionadas as leis de resistência das camadas granulares e dos solos de fundação à deformação permanente, estabelecidas pela contemplação conjunta dos valores das tensões e/ou extensões aplicadas e dos respectivos números de aplicação de carga necessários para conduzi-los a um nível de deformação preestabelecido ou à ruptura.

O passo final consiste em cotejar os esforços atuantes com os esforços resistentes, intrínsecos a cada material constitutivo, de modo que se possa garantir a submissão dos esforços atuantes ao limite de resistência máximo admissível, condição que estabelece a garantia de resistência à deformação permanente almejada.

4.2.7.3.4.6.2. Lei de Variação dos Esforços de Compressão Atuantes no Topo do Subleito

O cálculo dos valores dos esforços verticais de compressão no topo (máximos) das camadas granulares e no solo de fundação constitui tarefa já devidamente resolvida – Programa RetroStrata – e a grande dificuldade que se apresenta na definição das leis regedoras da resistência dos materiais granulares às tensões e deformações verticais de compressão, state-of-the-art ainda incipiente e carente de mais pesquisas.

No que tange aos solos de fundação, as leis de resistência à deformação permanente já são de maior domínio técnico, tendo sido objeto de proposições por vários pesquisadores e entidades de notório reconhecimento.

Desse modo, no âmbito da Metodologia Paragon, a avaliação da resistência às deformações permanentes ficou restrita aos solos de fundação, para os quais se pôde propor o cotejamento

entre os esforços atuantes no solo de fundação – considerando diferentes e crescentes espessuras de reforço – e o seu esforço resistente máximo admissível.

O fato de garantir a resistência necessária aos solos de fundação – o mais frágil dos componentes do sistema – já traz consigo certo alento, pois, como será evidenciado logo a seguir, limitando-se as deformações verticais reversíveis ao nível do solo de fundação, limitam-se também, por decorrência, as deformações verticais nas camadas restantes.

A lei de variação dos esforços atuantes é, portanto, estabelecida pelo cálculo das tensões e/ou deformações relativas ocorrentes no topo do solo de fundação – face superior, submetida ao esforço vertical de compressão máximo – considerando camadas de reforço com espessuras sequenciais e crescentes, pares homólogos que são gravados em sistemas cartesianos; a majoração das espessuras da camada de reforço é processada com incrementos de 0,5 em 0,5cm.

Esse procedimento permite, por conseguinte, estabelecer as leis de variação dos esforços atuantes no topo do solo de fundação considerando distintas espessuras de reforço, as quais primam por externarem uma variação única, caracterizada pelo fato de que, quanto maior a espessura da camada de reforço, menores serão as deformações verticais impostas aos solos de fundação, conforme pode ser observado a seguir.

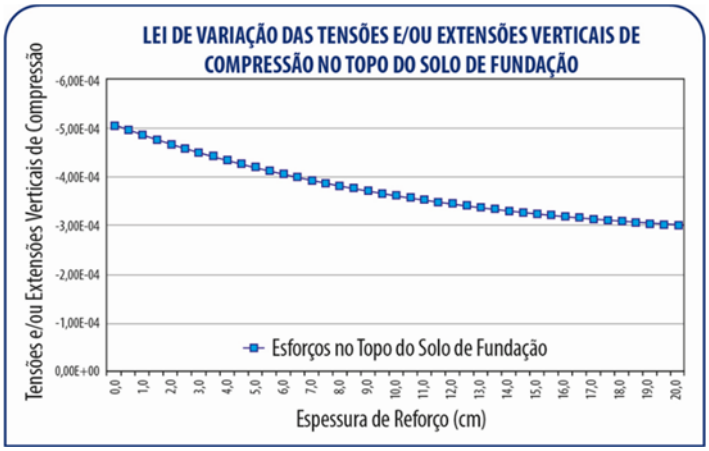


Figura 178 – Representação esquemática da lei de variação das extensões verticais de compressão no topo do solo de fundação e das camadas granulares do pavimento existente

Finalmente, cabe ressaltar que os valores modulares das camadas do pavimento existente e do solo de fundação a serem utilizados são aqueles definidos por retroanálise e o valor modular da camada de reforço deve ser determinado com base nas principais propriedades fenomenológicas e reológicas do ligante asfáltico selecionado, nas propriedades físicas da mistura asfáltica dosada e nas frequências de aplicação das cargas solicitantes.

4.2.7.3.4.6.3. Leis de Comportamento dos Solos de Fundação à Deformação Permanente

Seguidamente, deve ser determinada a resistência dos solos de fundação ao acúmulo de deformações permanentes sob a ação de cargas repetidas, as quais podem ser derivadas de ensaios laboratoriais de carregamento dinâmico ou do emprego de métodos previsionais, desenvolvidos por organismos internacionais de notório reconhecimento; esses procedimentos permitem a determinação dos valores das tensões e/ou extensões verticais de compressão máximas admissíveis externadas pelos solos de fundação em função dos números de aplicações de cargas (leis de fadiga).

Cabe destacar sobre essa vertente de leis previsionais o fato de suas consistências advirem de experimentações processadas em inúmeros programas integrados de cooperação internacional nos quais se estudaram as resistências dos solos de fundação ao acúmulo de deformação permanente em função do número de repetições de carga.

A ideia de limitar a deformação vertical de compressão foi inicialmente proposta pela Shell – *The Shell Method*. Claessen. A. I. M et al. Fourth International Conference on Structural Design of Asphalt Pavement. Ann Arbor, Michigan, 1977 – partindo de premissas de que as deformações permanentes resultam do acúmulo das deformações experimentadas pelas várias camadas e que são proporcionais às deformações verticais reversíveis.

A partir dessa admissão, a ideia foi estabelecer valores limitativos para as deformações verticais reversíveis ao nível do solo de fundação através de experimentações laboratoriais e análises comportamentais de pavimentos (in loco), as quais ainda se estenderão, seguramente, também para as camadas granulares sobrejacentes.

- Ensaios laboratoriais para a determinação da deformação permanente no solo de fundação:

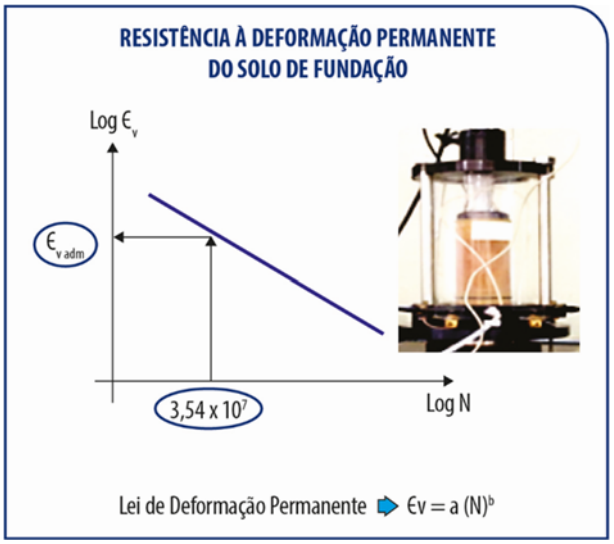


Figura 179 – Caracterização Laboratorial para determinação das Leis de Deformação Permanente

- Leis de deformação permanente obtidas por correlações analíticas:

Lei de Acúmulo de Deformação Permanente - $\varepsilon_z = a \cdot N^b$			
ORGANISMO/ PESQUISADOR	**CRITÉRIO TERMINAL**	**a**	**b**
CENTRE DES RECHERCHES ROUTIÉRES (CRR)	-	$1{,}10 \times 10^{-2}$	-0,23
SHELL INTERNATIONAL PETROLEUM COMPANY	Confiabilidade 50%	$2{,}80 \times 10^{-2}$	-0,25
	Confiabilidade 85%	$2{,}10 \times 10^{-2}$	
	Confiabilidade 95%	$1{,}80 \times 10^{-2}$	
SHELL HOLANDESA - ISLA (Dormon e Metcalf)	-	$1{,}16 \times 10^{-2}$	-0,21
ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES	-	$2{,}10 \times 10^{-2}$	-0,24
TRANSPORT AND ROADS RESEARCH LABORATORY (TRRL)	Flecha de 10mm	$1{,}50 \times 10^{-2}$	-0,253
NAASRA (D. W. Porter / G. S. Donald)	Flecha de 20 a 30mm	$0{,}85 \times 10^{-2}$	-0,14
THE ASPHALT INSTITUTE (L. E. Santucci)	Flecha de 13mm	$1{,}05 \times 10^{-2}$	-0,223
NOTTINGHAM UNIVERSITY	Deformações Excessivas	$2{,}16 \times 10^{-2}$	-0,28
UNIVERSITY OF CALIFORNIA (CARL MONISMITH)	-	$1{,}05 \times 10^{-2}$	-0,2234
LABORATOIRE DES PONTS ET CHAUSSÉES (LCPC)		$2{,}10 \times 10^{-2}$	-0,24
		$2{,}40 \times 10^{-2}$	
O LCPC recomenda, para reforços de pavimento, o valor 2,40 e para estradas de menor tráfego, o valor 2,10			

Figura 180 - Lei de Acúmulo de Deformação Permanente

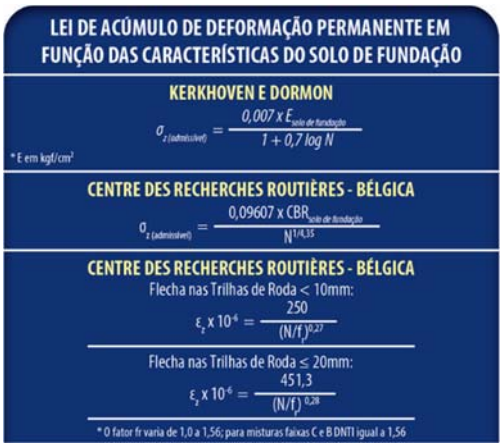


Figura 181 – Leis de acúmulo de deformação permanente em função das características do solo de fundação

Na impossibilidade de poder definir em laboratório a lei de resistência dos solos de fundação existente e caso se queira trabalhar com margem plena de segurança – principalmente em estradas submetidas a tráfego extremamente severo e volumoso –, julga-se que a seleção da *lei de deformação permanente mais severa* pode ser definida pela análise do espectro envoltório das leis comportamentais propostas por diferentes pesquisadores, a qual permite definir os valores limítrofes máximos admissíveis garantidores dos bons e maus comportamentos, os quais cobrem praticamente todos os tipos de solo existentes.

De modo bastante conservador, portanto, e com segurança plena, a lei que garante um acúmulo de deformações permanentes do solo de fundação compatível e seguro é ditado pela expressão relativa a "Bom Comportamento" – limite inferior do gráfico:

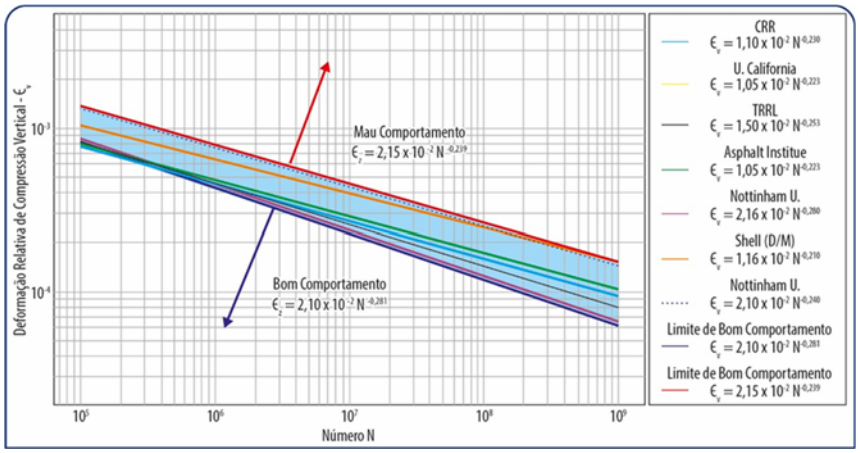


Figura 182 – Espectro de Leis de Deformação Permanente que disciplina os "Bom" e "Mau" comportamentos dos solos de fundação

4.2.7.3.4.6.4. Verificação da Resistência dos Solos de Fundação à Deformação Permanente

Primeiramente, estabelece-se a lei de variação dos esforços verticais de compressão máximos atuantes no topo do solo de fundação considerando distintas espessuras da camada de reforço e define-se sua lei de resistência ao acúmulo de deformação permanente, a qual permite a determinação do esforço resistente máximo admissível para o número de solicitações previsto

para incidir sobre o pavimento – ou sobre o solo de fundação – durante sua prestação de serviços futura (Número N).

Seguidamente, no âmbito da presente metodologia, promove-se o cotejamento desse valor máximo admissível com os valores dispostos sobre a curva de variação dos esforços máximos atuantes, devendo se selecionar espessuras que garantam a plena submissão das tensões e/ou extensões verticais de compressão máximas atuantes ao valor resistente máximo admissível do solo de fundação, determinado em função do número de aplicações de carga necessário para conduzi-lo a um determinado acúmulo de deformação específico ou à ruptura.

Para ilustrar a presente proposição, apresenta-se a seguir a representação gráfica (**Figura 28**) da lei de variação dos esforços verticais máximos atuantes no topo do solo de fundação em função de espessuras sequenciais crescentes da camada de reforço, seguida da plotagem gráfica do esforço resistente máximo intrínseco ao solo de fundação; as espessuras de reforço a serem selecionadas devem atender à seguinte exigência:

$$\sigma_{v\,(atuante)} \leq \sigma_{v\,(lim.)} \quad e/ou \quad \varepsilon_{v\,(atuante)} \leq \varepsilon_{v(lim.)}$$

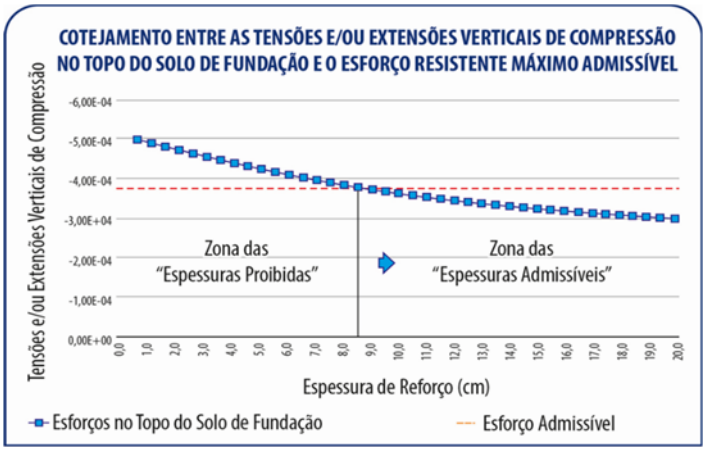


Figura 183 – Cotejamento entre as tensões e extensões verticais de compressão no topo do solo de fundação e o esforço resistente máximo admissível.

4.2.7.3.4.6.5. Espessuras de Reforço para Atendimento ao Critério "Resistência à Deformação Permanente"

A proposição de um reforço estrutural requer, naturalmente, a definição da espessura ideal, a qual, pelos compêndios convencionais, é definida por meio de formulações matemáticas – contemplando uma série de parâmetros de comportamento – que determinam o valor da espessura a ser aplicada.

No caso da Metodologia Paragon, a filosofia para definir a espessura de um reforço estrutural é, entretanto, diferente, pois não se busca a espessura ideal e sim a definição das espessuras que não podem ser adotadas, identificadas por aquelas nas quais os esforços atuantes sobrepujam o esforço resistente máximo admissível, intrínseco ao solo de fundação, definido por leis comportamentais em função do número de cargas aplicadas.

Dessa forma, a espessura do reforço estrutural deve ser selecionada no âmbito daquelas que garantem a supremacia dos esforços resistentes sobre os esforços atuantes no topo do solo de fundação, etapa conclusa a partir da definição da zona de espessuras proibidas, traduzida pela

interseção do valor do esforço resistente máximo admissível com a lei de variação dos esforços atuantes, sempre decrescente com aumento das espessuras de reforço.

A interseção da reta correspondente ao valor limite máximo admissível de fadiga só intercepta a curva de variação dos esforços atuantes – em função das espessuras de reforço – uma única vez, estabelecendo, assim, duas zonas de admissibilidade: a zona que se dispõe antes da interseção corresponde à zona de espessuras proibidas, na qual os esforços atuantes sobrepujam o esforço resistente do solo de fundação, e a zona disposta após a interseção traduz a zona das espessuras admissíveis, na qual os esforços atuantes são subordinados ao resistente; a seleção da espessura final fica naturalmente submissa às demandas das demais condições de dimensionamento:

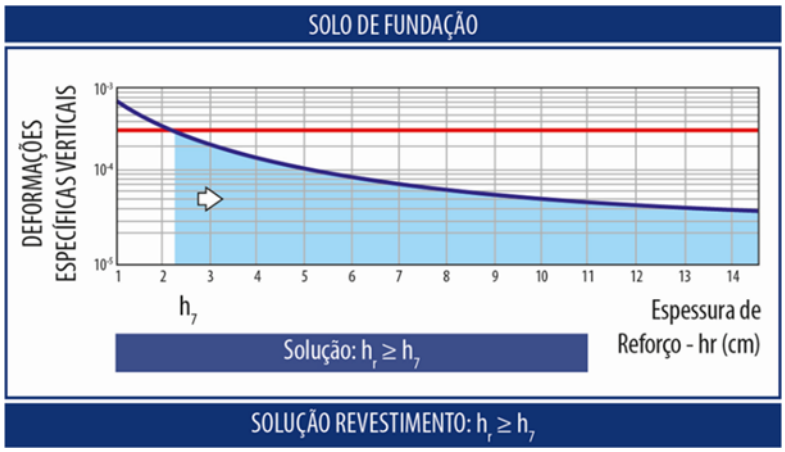


Figura 184 – Cotejamento entre as leis de variação das extensões (deformações específicas) máximas atuantes e o esforço resistente máximo admissível pelo solo de fundação.

Desta forma, a definição da espessura final de reforço, necessária para se garantir a submissão dos esforços de compressão vertical atuantes ao esforço resistente máximo admissível do solo de fundação, é ditada pela exigência:

$$\sigma_{v\ (atuante)} \leq \sigma_{v\ (lim.)} \quad e/ou \quad \varepsilon_{v\ (atuante)} \leq \varepsilon_{v(lim.)}$$

Finalmente, cabe destacar que em alguns casos – função da robustez da estrutura vigente e do número de solicitações previsto – o limite máximo admissível pertinente ao acúmulo de deformação permanente dos solos de fundação pode não ser atingido pela respectiva curva de variação dos esforços atuantes, condição que estabelece uma notável singularidade: o solo de fundação não demanda quaisquer aportes estruturais para garantir seu desempenho durante sua prestação de serviços futura.

4.2.7.3.4.7.4ª Condição de Dimensionamento: Verificação da capacidade de tráfego restante do pavimento existente

4.2.7.3.4.7.1. Conceituação de Capacidade de Tráfego Restante de um Pavimento

A aptidão e o desempenho de um pavimento reforçado dependem não somente da duração da própria camada de reforço, mas também da capacidade de tráfego restante do pavimento existente. Com efeito, como o pavimento antigo não é rejuvenescido pela aplicação de uma camada de reforço – é apenas aliviado em termos das solicitações impostas –, o eventual

esgotamento de sua capacidade pelo tráfego futuro responderá, seguramente, por sua capitulação (ruína plena).

Assim, as qualificações de um pavimento existente deverão constituir um condicionamento importante no âmbito do dimensionamento de seus reforços estruturais, exigência que demanda a quantificação de sua *capacidade de tráfego restante*, atributo que, caso disponível, deve ser contemplado nos critérios pertinentes à reabilitação do sistema.

Destarte, como o pavimento velho continuará a ser solicitado mesmo depois de reforçado, constitui reivindicação natural estudar um alívio em suas camadas granulares e no solo de fundação, incumbência complementar que deverá ser incorporada ao rol de atribuições do reforço estrutural; no caso da proteção específica do solo de fundação essa proposição se soma à avaliação anteriormente dimensionada.

No que tange à propostas de aumento da *capacidade de tráfego restante do pavimento existente*, duas vertentes de avaliação bastante pertinentes se apresentam, ancoradas em proposições de *redução dos esforços solicitantes: as reduções das deflexões reversíveis e/ou das tensões verticais de compressão que atuam à superfície do pavimento antigo, após reforço*. Tais proposições se fundamentam na crença da impossibilidade de se rejuvenescer um pavimento velho e na certeza de que sua colaboração laboral pode ser prolongada se lhe forem ofertadas condições de trabalho mais suaves, mais amenas.

Nesse axioma, premissa-se que o alívio laboral de um pavimento existente depende, fundamentalmente, das qualificações intrínsecas do reforço estrutural: de sua *potência* – quanto mais rígido, maior sua contribuição para redução dos esforços atuantes no pavimento velho – e de sua respectiva *espessura*.

Assim, como qualquer espessura de reforço contribui para a diminuição dos esforços atuantes no pavimento velho, as vias de análise devem estar focadas nos benefícios advindos do alívio da estrutura, vinculado diretamente ao aumento da sua capacidade de trabalho; a formulação lógica de prolongamento da vida de um pavimento velho passa, por conseguinte, pela redução de seus níveis de solicitação.

Para o efeito, e considerando que cada material é dotado de qualificações estruturais específicas, torna-se mister definir primeiramente a nobreza das misturas asfálticas destinadas a compor o reforço estrutural, traduzida, em síntese, pela sua "***potência de reforço***", ou seja, pela sua capacidade de aliviar o pavimento existente; obviamente que a capacidade de absorver as cargas atuantes é tão mais eficiente quanto maiores suas rigidez e espessura.

No caso da *Metodologia Paragon*, essa exigência já se apresentou, entretanto, resolvida, haja vista que, quando das condições de dimensionamento anteriores (resistências da camada de reforço e do pavimento existente à fadiga e do solo de fundação à deformação permanente), necessário se fez a definição do módulo de elasticidade da mistura asfáltica a ser empregada, o qual deverá ser agora mantido, até mesmo por questões de coerência e de compatibilidade.

Seguidamente, faz-se necessário definir a *capacidade de tráfego restante do pavimento existente*, ou seja, *a quantidade de solicitações que ainda consegue suportar antes de sua capitulação estrutural*, variável necessária para se quantificar o aporte requerido pelo sistema pavimento – solo de fundação para suportar as solicitações ulteriores, previstas para sua vida de projeto.

Assim considerando, a quantificação da melhoria a ser implementada – quantas vezes é necessário multiplicar a capacidade de tráfego restante do pavimento existente para torná-lo apto a suportar as solicitações futuras – é naturalmente traduzida pela razão entre o *número de solicitações previstas para vida de projeto (N_p) e o número de solicitações que o pavimento ainda é capaz de suportar – vida remanescente (N_r):*

$$\boldsymbol{coeficiente\ \Delta = \frac{N_p}{N_r}}$$

Da análise dessa relação fica claro que um pavimento externando vida remanescente nula exibe a exaustão de sua capacidade laboral, ou seja, a sua incapacidade intrínseca de contribuir, por si próprio, para a melhoria de sua capacidade de trabalho. Trata-se na realidade de uma "massa falida" que não apresenta atributos colaborativos, demandando intervenções em profundidade – que alteram sua estruturação original – e aportes estruturais, os quais são concebidos, sob tais condições, se abstraindo da capacidade de tráfego restante do pavimento existente; um pavimento exaurido, submetido a intervenções em profundidade – remoção de camadas ou processos de reciclagem, etc. – assume nova identidade.

O importante no entendimento do conceito de *vida remanescente* – que sobeja, que resta – é compreender que ele se estabelece em função da evolução de um ou mais defeitos os quais, atingindo maiores ou menores graus de severidade, estabelecem a "capitulação" estrutural do pavimento; níveis mais evoluídos, previamente estabelecidos, traduzem a exaustão plena do pavimento, ou seja, o fim de suas vidas úteis residuais, demandando soluções corretivas em profundidade (remoção e substituição de camadas, reciclagens, etc.)

Ressalte-se finalmente o fato de que avaliações de vida remanescente de pavimentos rodoviários constituem ferramentas usuais, contempladas em inúmeros compêndios técnicos e inclusive em nossos procedimentos normativos (PRO-11 e PRO-269); o importante é que os processos a serem adotados para sua dedução incorporem, com a maior fidedignidade, as condições vigentes e de carregamento.

4.2.7.3.4.7.2. Critérios de Avaliação da Vida Remanescente de um Pavimento

No âmbito da *Metodologia Paragon*, ajuizou-se que o cálculo da vida remanescente dos pavimentos poderia ser avaliado através de dois procedimentos distintos, os quais, quando cotejados, poderiam permitir a definição, com maior rigor, da presumível capacidade de tráfego restante de um pavimento rodoviário:

- pelo emprego das equações preditivas das deflexões reversíveis máximas admissíveis em função dos números de solicitações, fundamentadas em definições propostas pela AASHTO e/ou por nossos procedimentos normativos (DNIT), e

- pelo cotejamento entre as tensões – extensões de tração vigentes na face inferior do revestimento asfáltico existente e/ou tensões verticais de compressão vigentes no topo dos solos de fundação com os respectivos valores máximos admissíveis, estabelecidos por leis preditivas – propostas por organismos e pesquisadores – definidas em função do número de aplicações de carga, e

Assim considerando, apresenta-se a seguir a descrição de cada um dos procedimentos desenvolvidos para estimativa da capacidade de tráfego restante do pavimento existente:

- ✓ 1º Critério: Definição da capacidade de tráfego restante do pavimento com base nas correlações entre os números de solicitações e as deflexões reversíveis máximas admissíveis

Desde os tempos do ensaio rodoviário AASHTO os relacionamentos entre os logarítmicos dos números de aplicação de carga e das deflexões reversíveis têm sido proclamados e particularizados por inúmeros pesquisadores, constando até mesmo dos métodos oficiais do DNIT para dimensionamento de reforços de pavimentos (PRO-11 e PRO-269).

No Ensaio Rodoviário AASHTO, a determinação da *deflexão crítica* foi estabelecida com base em diversos tipos de medição considerando um estágio de sanidade terminal, definido pelo indicador Present Serviceability Index - PSI = 2,5; a deflexão admissível, sob carga de um eixo carregado, foi definida pela seguinte expressão:

$$\log W_{2,5} = 9{,}40 + 1{,}32 \log L_1 - 3{,}25 \log dsn \quad \text{(AASHTO)}$$

em que:

$W_{2,5}$ – número ponderado de aplicações de carga até um nível de serventia PSI = 2,5;

L1 – carga por eixo em milhares de libras, e

dsn – deflexão reversível máxima medida na primavera (final do degelo) por procedimento normal.

que, considerando as condições do carregamento-padrão normatizado no Brasil, correspondente a 18 kips (18.000 libras = 8,16 toneladas), se escreve:

$$log\, W_{2,5} = 15{,}017 - 3{,}25\, log\, dsn \quad \text{ou}$$
$$log\, dsn = 4{,}621 - 0{,}307\, log\, W_{2,5} \quad \text{(AASHO)}$$

enquanto as equações normativas propostas pelos métodos oficiais do DNIT são:

$$logD_{adm} = 3{,}010 - 0{,}176\, logN \quad \text{(PRO 11)}$$
$$logD_{adm} = 3{,}148 - 0{,}188 \log N \quad \text{(PRO 269)}$$

As equações do DNIT, praticamente idênticas, *não contemplam o nível de serventia que determina a capitulação da vida útil do pavimento*, e apenas o PRO-11/79 tem em conta a influência da umidade nos valores da deflexão reversível máxima. Por esse método, as equações devem ser ajustadas por um fator de correção sazonal de forma a contemplar os valores correspondentes ao término da estação chuvosa (à semelhança da AASHTO), conforme apresentado a seguir:

Quadro 3 – Fatores de correção sazonal das deflexões reversíveis

FATORES DE CORREÇÃO SAZONAL DAS DEFLEXÕES REVERSÍVEIS		
Natureza do Subleito	**Estação Seca**	**Estação Chuvosa**
Arenoso e Permeável	1,10 – 1,30	1,00
Argiloso e Sensível à Umidade	1,20 – 1,40	1,00

Para facilitar a escolha da equação dos procedimentos normativos – praticamente idênticos –, ajuizou-se, no âmbito da presente proposição, adotar a correlação mediana:

$$logD_{adm} = 3{,}08 - 0{,}182\, log\, N$$

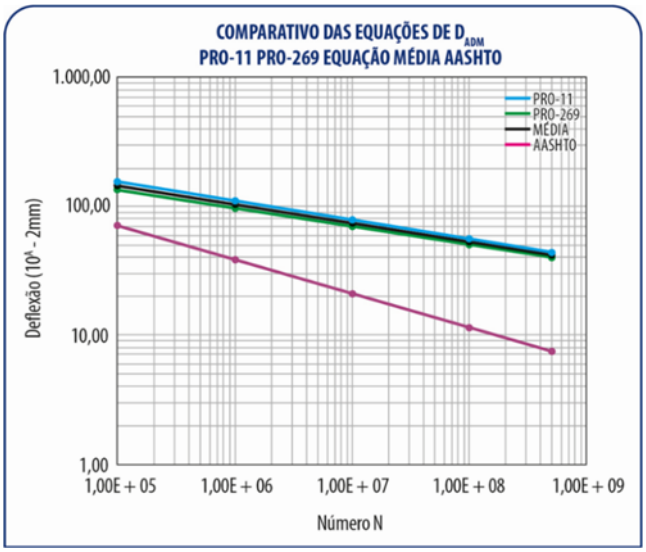


Figura 185 - Deflexões reversíveis máximas admissíveis versus número de aplicações de um eixo-padrão

Desta forma, a lei de variação das deflexões reversíveis máximas admissíveis conforme o número de aplicações de carga estabelece que um pavimento, quando solicitado por uma deflexão reversível de determinada magnitude, tem sua expectativa de vida regida por um correspondente número de solicitações de carga (eixo-padrão de 8,2t).

Dentro da lógica de raciocínio sequencial, deduz-se que se a deflexão vigente no pavimento for menor que uma determinada deflexão admissível – calculada, por exemplo, para o número de solicitações previsto para a "vida de projeto" – ($\mathbf{D_{vigente} < D_{adm}}$), o pavimento ainda externa uma qualificação contributiva, traduzida pela sua capacidade de ainda suportar – independentemente de qualquer aporte estrutural – um determinado número de solicitações futuras; essa reserva técnica se define pela quantidade de solicitações necessárias para que a deflexão vigente, crescente com as repetições, atinja o valor da deflexão admissível.

Esse número de aplicações ainda suportável define a expectativa de vida que resta – **vida remanescente** – ao pavimento em termos de aplicações de carga, vida que pode ter sua duração expressa também em termos de anos; se $\mathbf{D_{vigente} > D_{adm}}$ já não resta ao pavimento qualquer expectativa de vida remanescente, condição que evidencia sua capitulação estrutural.

Para aclarar os raciocínios processados, ajuizou-se válida a exposição gráfica de um exemplo, na qual estão considerados valores para as deflexões já citadas, vinculadas aos respectivos números de solicitações correspondentes:

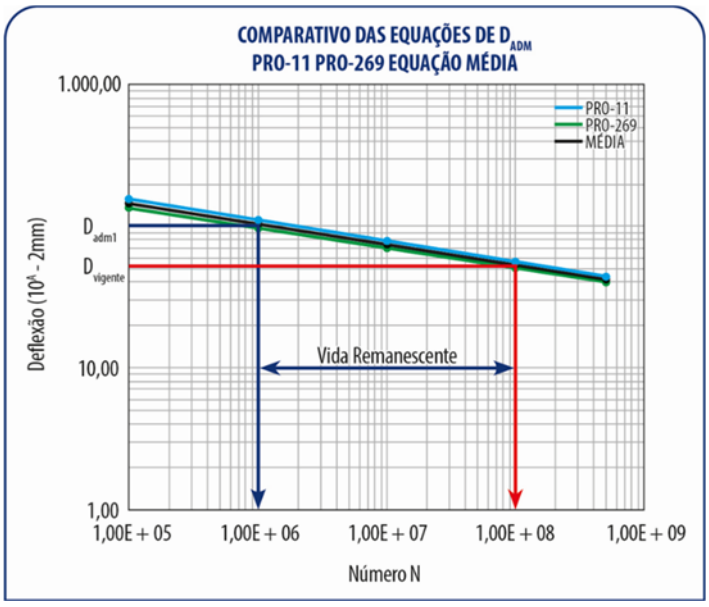


Figura 186 - Definição da Vida Remanescente de um pavimento

Neste exemplo se ilustra que a capacidade de tráfego restante de um pavimento regido por uma determinada deflexão (**$D_{vigente}$**) é definida pelo número de aplicações de carga necessário para elevá-la, por acréscimo a cada solicitação, até que atinja o valor da deflexão admissível (**D_{adm}**) requerida pelo dimensionamento estrutural:

$$Nremanescente = Nvigente - Nadm$$

ou seja:

$$Nremanescente = 1{,}0 \times 108 - 1{,}0 \times 106 = 9{,}9 \times 107$$

valor que pode ser naturalmente convertido em termos de duração em anos, levando-se em conta a projeção de tráfego estabelecida para a vida de projeto considerada.

Em síntese, duas hipóteses se apresentam no caso dos projetos de restauração:

- *Ns < Np: se a deflexão vigente em um pavimento – correspondente ao número de solicitações já suportado (Ns) – for menor que a deflexão admissível – correspondente ao número de solicitações previsto para a prestação de serviços futura (Np) – significa que o pavimento existente ainda dispõe de uma reserva técnica em termos de solicitação, a qual pode ser naturalmente ofertada à contribuição futura e devidamente quantificável – em termos de anos – a partir de seu cotejamento com a progressão do tráfego futuro (vida de projeto); esse cotejamento estabelece o número de aplicações de carga – ou o tempo (em anos) – que o tráfego futuro gastará para consumir a reserva ainda disponível, o qual traduz sua expectativa de vida futura, sem adição de aportes estruturais;*
- *Ns ≥ Np: se a deflexão vigente – correspondente ao número de solicitações já suportado (Ns) – for maior que a deflexão admissível – correspondente ao número de solicitações previsto para a prestação de serviços futura (Np) –, significa que o pavimento nada tem a ofertar em termos de contribuição laboral, ou seja, já chegou à exaustão plena e demanda intervenções corretivas em profundidade.*

Sob essas condições, constatado que a capacidade de tráfego restante do pavimento existente é inferior à vida de projeto proposta, torna-se necessário aumentá-la de forma que impeça seu esgotamento durante a prestação de serviços futura, proposição que, no âmbito da presente metodologia, se alicerça no alívio das solicitações atuantes.

No âmbito das avaliações propostas, a grande dificuldade reside seguramente na definição do número de solicitações já suportado pelo pavimento durante sua prestação de serviços pregressa, tarefa difícil até mesmo porque não se sabe, na maior parte das vezes, sequer em que ano o pavimento foi construído e/ou restaurado. Na indisponibilidade de informações, o ideal é que se estabeleçam conjecturas realistas para definição do tráfego de serviço – Ns já suportado pelo pavimento, mesmo que de forma avaliativa, podendo-se adotar, inclusivamente, taxas deflatórias do tráfego atual ou estimar o tráfego solicitante ao cabo da última dezena de anos.

Com o objetivo de aclarar a proposição presente, julgou-se pertinente a apresentação do processo de cálculo aplicado ao "Anel Rodoviário de Bom Despacho-MG", no qual se contempla o tráfego acumulado pertinente ao período pregresso ($\mathbf{N_{serviço} = 4{,}75 \times 10^6}$) conjuntamente com o tráfego projetado para um período futuro de 10 anos ($\mathbf{N_{projeto} = 1{,}19 \times 10^7}$), contado a partir de 2022 (ano de abertura), conforme apresentado a seguir:

Quadro 4 – NÚMEROS N - USACE

NÚMEROS N (Anel Viário de Bom Despacho - MG) - USACE				
ANO	N	"N" ANUAL	"Ns" ACUMULADO	"N" ACUMULADO TOTAL
2017	Nserviço	$8{,}94 \times 10^5$	$8{,}94 \times 10^5$	$8{,}94 \times 10^5$
2018		$9{,}21 \times 10^5$	$1{,}82 \times 10^6$	$1{,}82 \times 10^6$
2019		$9{,}49 \times 10^5$	$2{,}76 \times 10^6$	$2{,}76 \times 10^6$
2020		$9{,}77 \times 10^5$	$3{,}74 \times 10^6$	$3{,}74 \times 10^6$
2021		$1{,}01 \times 10^6$	$4{,}75 \times 10^6$	$4{,}75 \times 10^6$
ANO	N	"N" ANUAL	"Np" ACUMULADO	-
2022	Nprojeto	$1{,}04 \times 10^6$	$1{,}04 \times 10^6$	$5{,}79 \times 10^6$
2023		$1{,}07 \times 10^6$	$2{,}11 \times 10^6$	$6{,}86 \times 10^6$
2024		$1{,}10 \times 10^6$	$3{,}21 \times 10^6$	$7{,}96 \times 10^6$
2025		$1{,}13 \times 10^6$	$4{,}34 \times 10^6$	$9{,}09 \times 10^6$
2026		$1{,}17 \times 10^6$	$5{,}51 \times 10^6$	$1{,}03 \times 10^7$
2027		$1{,}20 \times 10^6$	$6{,}71 \times 10^6$	$1{,}15 \times 10^7$
2028		$1{,}24 \times 10^6$	$7{,}95 \times 10^6$	$1{,}27 \times 10^7$
2029		$1{,}27 \times 10^6$	$9{,}22 \times 10^6$	$1{,}40 \times 10^7$
2030		$1{,}31 \times 10^6$	$1{,}05 \times 10^7$	$1{,}53 \times 10^7$
2031		$1{,}35 \times 10^6$	$1{,}19 \times 10^7$	$1{,}66 \times 10^7$

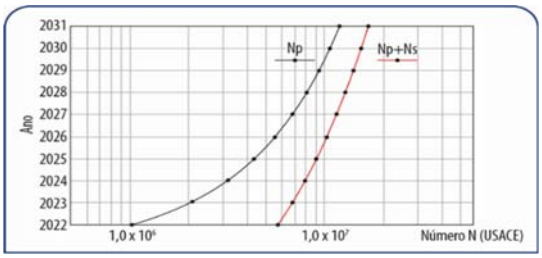


Figura 187 - Projeção dos tráfegos de projeto – Np e acumulado - Ns + Np

Dessa forma, tendo-se em conta conjuntamente o tráfego já suportado pelo pavimento existente (N_s), o tráfego futuro previsto (N_p), a deflexão vigente no pavimento e a lei preditiva de correlação proposta pelo DNIT (Lei Mediana), pode-se determinar a vida remanescente do pavimento rodoviário, conforme apresentado a seguir:

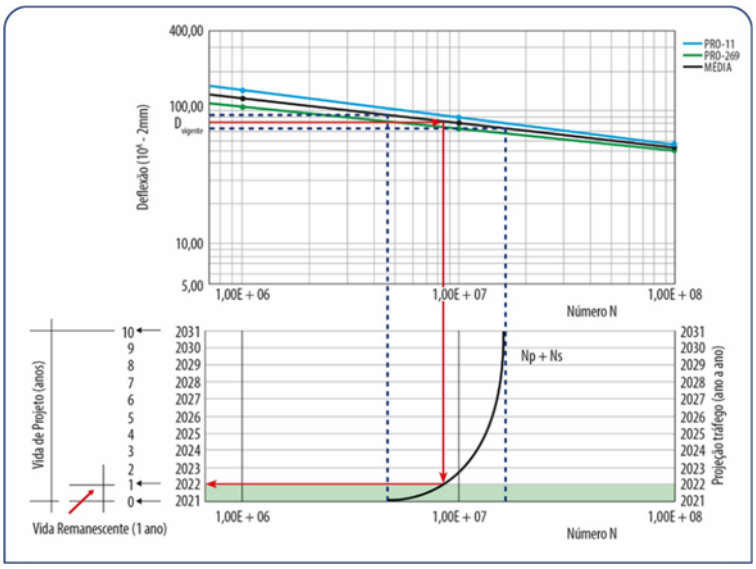


Figura 188 - Determinação da Vida Remanescente de um Pavimento rodoviário

Da presente exposição, deduz-se finalmente que o fator de multiplicação da vida restante do pavimento existente capaz de qualificá-lo para sua prestação de serviço futura é definido pela razão:

$$\Delta = N_{projeto} / N_{remanescente}$$

- ✓ 2º Critério: Definição da capacidade de tráfego restante do pavimento com base no cotejamento entre as tensões/extensões de tração na camada de revestimento existente e de compressão vertical no solo de fundação e seus respectivos esforços máximos admissíveis, estabelecidos em função do número de aplicações de carga

A presente proposição se fundamenta em reduzir os esforços de tração na fibra inferior da *camada de revestimento* existente e de compressão vertical no topo do *solo de fundação* em níveis que garantam a qualificação necessária ao sistema pavimento existente – solo de fundação para sua prestação de serviços futura; esses níveis são definidos pelas carências constatadas, a serem supridas com base na premissa de que o alívio dos esforços atuantes no sistema responde por uma longevidade maior de suas condições laborais.

Ressalte-se, sobre essa proposição, o fato de que sua aplicação remete à restauração de pavimentos, exigência reclamada por estruturas que já externam manifestações de ruína com certa gravidade e que podem exibir inclusive composições de camadas asfálticas derivadas de outras intervenções estruturais, particularidades que demandam bastante cautela e critérios específicos, vinculados fundamentalmente às condições de trincamento (percentuais de ocorrência) e de deformações permanentes por consolidação, vigentes.

Em que pese as inquietações já citadas, julga-se, entretanto, que a adoção dessa sistemática para a avaliação da capacidade de tráfego restante de um pavimento complementa outros procedimentos de ajuizamento, podendo inclusive sinalizar para a solução mais apropriada.

O cálculo dos esforços de tração vigentes nas camadas asfálticas existentes – conhecida a estratificação das camadas e seus módulos (retroanálise) – constitui tarefa simples, enquanto a definição da lei de fadiga para definição de seus esforços admissíveis constitui empreitada delicada que exige meticulosidade e prudência. Os esforços de compressão vigentes no topo do solo de fundação, também de fácil resolução, são mais tranquilamente cotejados com os esforços admissíveis futuros, calculados para um determinado número de solicitações.

A presente proposição guarda, por conseguinte, uma grande identidade com o procedimento anterior, diferindo apenas na seleção dos parâmetros vigentes a serem cotejados com suas evoluções futuras, as quais serão definidas também com base em equações preditivas: em vez das deflexões reversíveis máximas serão contempladas as tensões/extensões de tração na face inferior da camada de revestimento e de compressão vertical no topo do solo de fundação.

Como ponto de partida para a avaliação da vida remanescente das camadas asfálticas já submetidas a condições de serviço e externando debilidades intrínsecas, considerou-se mais apropriado o modelo de fadiga proposto pela FHWA - Federal Highway Administration (1985), o qual tem em conta parâmetros de formulação da mistura existente e dos ligantes constituintes – a serem definidos após a "recuperação" – que permitem uma avaliação mais compassiva e ajuizada de seu comportamento residual:

$$N_f = f_i\,[2{,}67 \times 10^{-10} \times \beta^5 \times \varepsilon_t^{-5} \times /E^*/^{-1{,}4}]$$

onde:

Nf = Vida de fadiga da camada asfáltica;

β = 0,300 x PI - 0,015 x PI x Vb - 0,198;

em que:

PI = (20 - 500 x IST) / (1 + 50 x IST);

IST = (log 800 - log Pen) / (Tab - Tpen)

E* = Módulo dinâmico (ksi);

εt = Deformação máxima de atração atuante na camada asfáltica;

IST = Índice de susceptibilidade térmica do asfalto;

PI = Índice de penetração do asfalto;

Tab = Temperatura de amolecimento "Anel & Bola";

Tpen = Temperatura do ensaio de penetração (Fº);

Vb = Volume de asfalto (%);

f_i = Fator de calibração laboratório – campo do modelo:

a) 12,32 para 10% ou menos de área com trincas FC-2;
b) 16,20 para 20% de área com trincas FC-2.

Considerando, portanto, N_f o número equivalente de solicitações do eixo-padrão máximo admissível pelo revestimento existente no que diz respeito à fadiga, o seu valor pode ser estimado pela equação citada:

$$N_f = \frac{f_i\,[2{,}67\ x\ 10^{-10} x\ \beta^5]}{(\varepsilon_t^5)_0\ \ x\ \ E^{1{,}4}}$$

em que:

$(\varepsilon t)_0$ = Deformação específica de tração máxima vigente na face inferior da camada do revestimento existente sob a ação do eixo-padrão;

E = Módulo de elasticidade da camada de revestimento existente (ksi).

A título de exemplo e com o objetivo de aclarar a proposição presente, julgou-se pertinente a apresentação de um exemplo de cálculo "processado" para o Anel Viário de Bom Despacho-MG, para o qual se dispõe de duas estruturações de pavimento distintas (número e espessura das camadas e valores modulares específicos) e dos tráfegos que atuaram sobre o pavimento existente ($N_s = 4{,}75\ x\ 10^6$) e o previsto, para um período futuro de 10 anos ($N_p = 1{,}19\ x\ 10^7$).

A Lei de Fadiga considerada foi a proposta pela FHWA, que permitiu determinar, para as extensões relativas de tração vigentes na face inferior da camada asfáltica de revestimento, sempre dotada da mesma espessura, os respectivos números de solicitações máximos admissíveis em termos de fadiga – (Nf)0; as estruturas contempladas são apresentadas a seguir – Estruturas Existentes A e B:

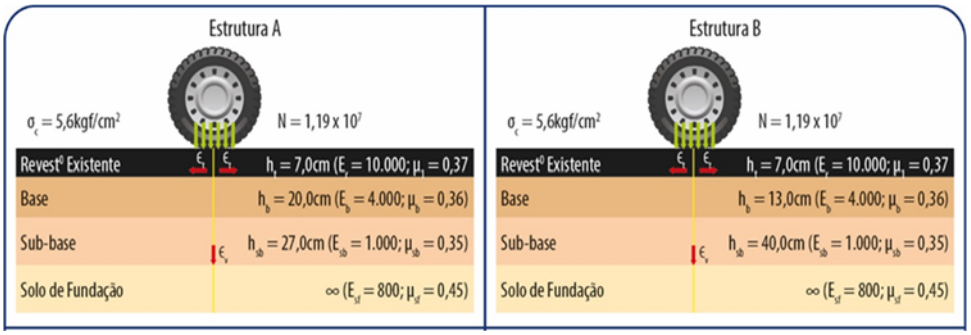


Figura 189 - Estruturas dos Pavimentos Existentes no Anel Rodoviário de Bom Despacho/MG

e os procedimentos de cálculo processados para as Estruturas A e B são apresentados a seguir:

DIMENSIONAMENTO MÉTODO MECANÍSTICO ESTRUTURA A E ESTRUTURA B						
ANÁLISE MECANÍSTICA DOS SEGMENTOS					ANEL VIÁRIO DE BOM DESPACHO	
PARÂMETROS		REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA	DESCRIÇÃO		ESTRUTURA AVALIADA	
					A	B
DADOS DE ENTRADA	ESPESSURA DO PAVIMENTO A SER AVALIADA (cm)		Revestimento		10000kgf/cm² 7cm	10000gf/cm² 7cm
			Base		4000kgf/cm² 20cm	4000kgf/cm² 13cm
			Sub-base		1000kgf/cm² 27cm	1000kgf/cm² 40cm
			Subleito		800kgf/cm² -	800kgf/cm² -
	Número N	Ns (Número de carregamentos já solicitados pela via)			4,75E+06	
		Np (Previsto para um período futuro de 10 anos)			1,19E+07	
DADOS DE ESFORÇOS SOLICITANTES X ESFORÇOS RESISTENTES	AVALIAÇÃO DOS ESFORÇOS DE TRAÇÃO ATUANTES NA FIBRA INFERIOR DO REVESTIMENTO EXISTENTE (FHWA)		Def. Máxima Exx/Eyy		2,23E-04	2,43E-04
			N de Fadiga do Revestimento (FHWA)		7,66+06	4,98E+06
			Ns (Número de carregamentos que já solicitou o pavto)		4,75E+06	4,75E+06
			Np (Previsto para um período futuro de 10 anos)		1,19E+07	1,19E+07
			Vida Remanescente (Condição Mecanística)		EXISTE	EXISTE
	AVALIAÇÃO DOS ESFORÇOS ATUANTES NO TOPO DO SOLO DE FUNDAÇÃO (DORMON METCALF)		Def. Máxima Ezz		3,20E-04	3,45E-04
			N de Compressão no Topo do Solo de Fundação (Dormon e Metcalf)		2,66E+07	1,87E+07
			Ns (Número de carregamentos que já solicitou o pavio)		4,75E+06	4,75E+06
			Np (Previsto para um período futuro de 10 anos)		1,19E+07	1,19E+07
			Vida Remanescente (Condição Mecanística)		EXISTE	EXISTE
ANÁLISE DOS DADOS	Dano Sofrido (Lei de Miner)	Ds (Fadiga)	$D_s = N_s / (N_f)_0$		62,05%	95,33%
	Vida Remanescente (Fadiga)	Percentual	$V_s(\%) = \left\{1 - \frac{N_s}{(N_f)_0}\right\} \times 100$		37,95%	4,67%
		Número de Aplicações de Carga	$V_r = (N_f)_0 - N_s$		2,91E+06	2,32E+05
	Dano Sofrido (Lei de Miner)	Ds (Deformação Permanente)	$D_s = N_s / (N_f)_0$		17,83%	25,42%
	Vida Remanescente (Deformação Permanente)	Percentual	$V_s(\%) = \left\{1 - \frac{N_s}{(N_f)_0}\right\} \times 100$		82,17%	74,58%
		Número de Aplicações de Carga	$V_r = (N_f)_0 - N_s$		2,19E+07	1,39E+07

Figura 190 - Dimensionamento Mecanístico – Estrutura A e Estrutura B

Dos resultados obtidos verifica-se que as *Estruturas A e B* ainda externam capacidade de tráfego restante em relação à *fadiga da camada asfáltica* e à *deformação permanente do solo de fundação*, traduzida em termos de percentuais dos danos acumulados e/ou dos números de aplicação de carga ainda admissíveis, aceitos sem que haja necessidade de aportes estruturais. Os números de aplicações de cargas correspondentes a cada vida remanescente, quando cotejados com a projeção anual do tráfego projetado, permitem a definição dos períodos de

tempo que o tráfego projetado gastaria para atingi-los, grandeza que traduz a *vida remanescente* dos pavimentos em anos.

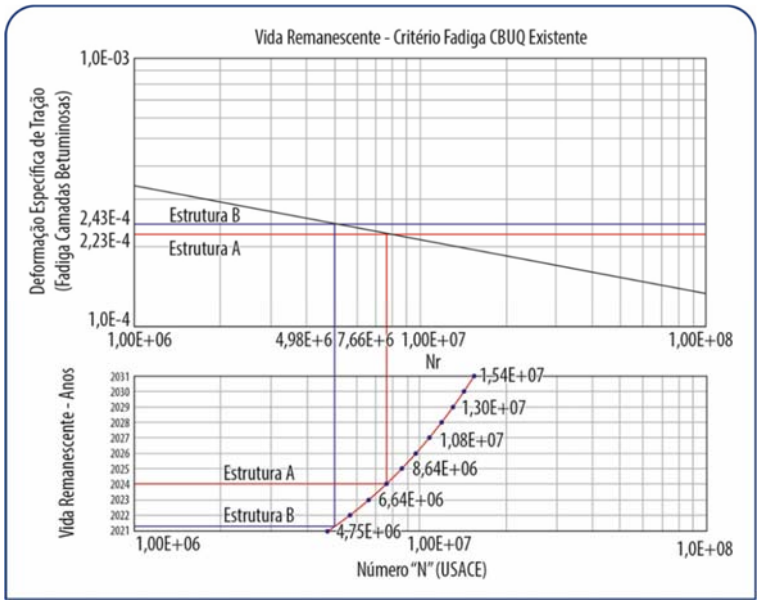


Figura 191 - Vida Remanescente do pavimento cotejada com a projeção do tráfego futuro

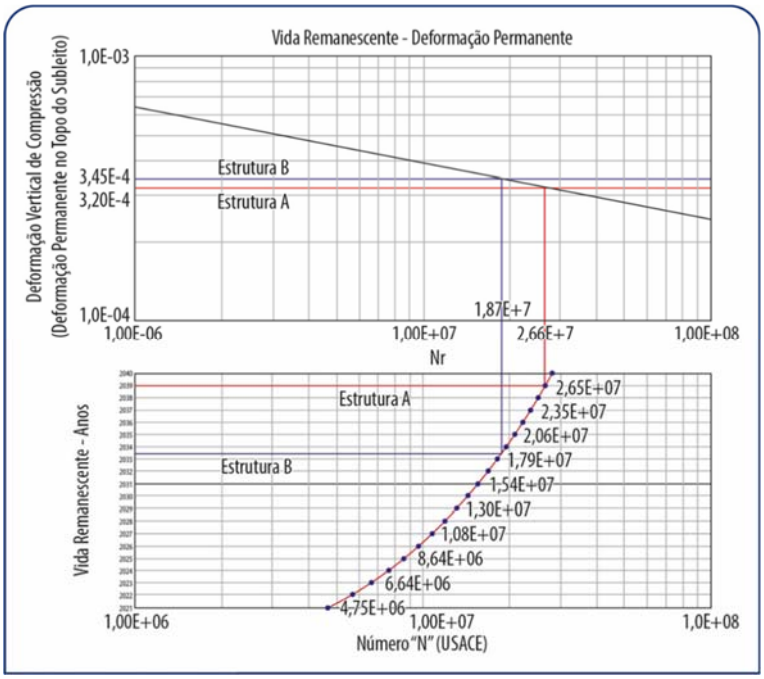


Figura 192 - Vida Remanescente do pavimento cotejada com a projeção do tráfego futuro

Da presente exposição, deduz-se, portanto, que o fator de multiplicação da capacidade de tráfego restante do pavimento existente capaz de qualificá-lo para sua prestação de serviço futura – vida de projeto – é definido pela razão:

$$\Delta = Nprojeto / Nremanescente$$

em que a vida remanescente a ser considerada deve corresponder à menor das verificadas por ambos os processos de avaliação (tração horizontal e compressão vertical).

4.2.7.3.4.7.3. Critérios para Definições do Aumento da Capacidade de Tráfego Restante de um Pavimento Existente e das Espessuras de Reforço Requeridas

Em suma, *definida a vida remanescente* – que sobeja, que resta – de um pavimento existente, consideraram-se duas vertentes técnicas para fazer a sua majoração, ou seja, o *aumento da capacidade de tráfego restante*, sempre pelo alívio de suas solicitações pela atuação do reforço estrutural; os procedimentos – vertentes técnicas – definidos são a seguir expostos:

4.2.7.3.4.7.4. Redução do Nível Deflectométrico Imposto ao Pavimento Existente

Para solucionar essa proposição, admitiu-se a existência de relacionamento entre efeito destrutivo e alívio propiciado, os quais podem ser contemplados pela *redução das deflexões reversíveis que atuam à superfície do pavimento existente*, propriedade a ser ofertada pela camada de reforço estrutural.

Desta forma, o desafio consiste em definir a magnitude da deflexão a atuar no pavimento velho, a qual deve ser deliberada em consonância com o alívio estrutural requerido – $\mathbf{D_{(alívio)}}$. A definição da nobreza da mistura asfáltica destinada a compor o reforço estrutural, variável magnânima, já foi devidamente equacionada no âmbito das condições anteriores de dimensionamento propostas pela *Metodologia Paragon*, as quais demandaram a definição do módulo de rigidez de mistura asfáltica a ser empregada. Dessa maneira, o questionamento que se apresenta é ilustrado na figura apresentada a seguir:

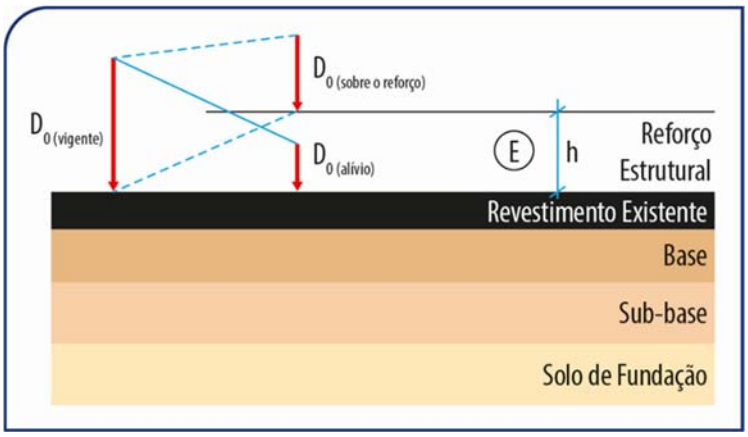


Figura 193 - Representação esquemática da definição da Deflexão-Alívio (Dalívio) sobre o revestimento existente após o reforço estrutural

Entretanto, é de conhecimento notório que as qualificações dos materiais constituintes do reforço dependem fundamentalmente de suas "rigidezes", as quais traduzem suas respectivas "potências de reforço", ou seja, suas capacidades de *promover a redução das deflexões reversíveis sobre o pavimento existente*; soma-se ainda a essa particularidade o fato de as deflexões reversíveis em sistemas estratificados carregados exteriormente dependerem, de forma circunstancial, das qualificações das camadas do pavimento existente e do solo de fundação, os quais trabalham em regime solidário.

Dessa forma, a definição da "potência de reforço" de uma camada asfáltica requer o conhecimento de suas características estruturais intrínsecas e também dos materiais constituintes do sistema *pavimento – solo de fundação*, exigência que demanda cálculos complexos, fundamentados na Teoria da Elasticidade aplicada a sistemas estratificados

carregados à superfície. Assim considerando, desenvolveu-se, ao nível da metodologia Paragon, um programa de cálculo automático específico - Programa **StrataSys** -, capaz de permitir o cálculo das deflexões reversíveis no topo de qualquer camada do sistema estratificado; o programa permite ainda o cálculo das deflexões reversíveis à distintas distâncias do centro de aplicação de cargas.

Do exposto, verifica-se que essa vertente da 4ª Condição de Dimensionamento proposta pela Metodologia Paragon consiste, fundamentalmente, na definição de uma espessura de reforço – com características estruturais bem definidas – que garanta que as deflexões reversíveis a atuar a superfície do pavimento antigo – após o reforço – sejam disciplinadas pela "deflexão-alívio" previamente definida, necessária para garantir o desejado aumento da sua capacidade de tráfego remanescente.

Na evolução desse procedimento conceptivo deparou-se, por conseguinte, com a necessidade de se estabelecer o valor da *deflexão máxima admissível à superfície do pavimento antigo*, após o reforço, capaz de assegurar o alívio reclamado pelo sistema para redução do efeito destrutivo requerido, necessário para se aumentar de sua capacidade de tráfego restante.

Para o efeito, ajuizou-se que uma fundamentação adequada poderia se respaldar no abraço à consagrada proporcionalidade Hookeana que disciplina as relações entre as deformações reversíveis e cargas solicitantes – que admite a aplicação dos critérios clássicos da Mecânica dos Pavimentos a sistemas estratificados *elásticos* –, peculiaridade que permite inferir que a diminuição da deflexão reversível que atua no pavimento velho implica, naturalmente, na diminuição proporcional da carga atuante.

Assim concebendo, o fundamento principal nesse procedimento conceptivo se ancorou nos alicerces que regem o conceito de *efeito destrutivo das cargas por eixo e na sua quantificação*, tarefa que, por sua vez, se alicerçou nos princípios básicos que nortearam o desenvolvimento dos denominados *fatores de equivalência de carga por eixo*, tão usualmente aplicados em nossos dimensionamentos.

Com efeito, como a concepção primária desses fatores de equivalência se fundamenta no estabelecimento das *capacidades destrutivas das diferentes cargas* – as quais são reportadas ao final a um eixo-padrão de 8,2t (18kips) – e a clave da presente proposição consiste em reduzir os efeitos destrutivos impostos ao pavimento antigo, entendeu-se que a magnitude dessa exigência se atrelava naturalmente à redução da carga solicitante.

Desse modo, sopesando que o alívio requerido pode ser lavrado pela redução do efeito destrutivo pertinente à carga atual, a dificuldade reside apenas na quantificação a ser processada, exigência que pode ser devidamente provida se atrelada à necessidade de majoração da capacidade de tráfego restante demandada pelo pavimento existente para seu perfeito atendimento às solicitações futuras.

Conhecendo, portanto, o aumento da capacidade de tráfego requerido (Δ) – definido pela razão entre as vidas de projeto e remanescente –, tem-se que o alívio demandado pode ser determinado pela diminuição proporcional da carga atuante, quantificável por meio da redução, também proporcional, do respectivo fator de equivalência de carga por eixo:

$$\textbf{Fator de equivalência (após o reforço)} = \frac{\textbf{Fator de equivalência (antes do Reforço)}}{\textbf{Aumento da capacidade de tráfego restante}}$$

Destarte, determinado o coeficiente de equivalência da carga a atuar no pavimento antigo, após o reforço, define-se, numa relação inversa, a sua respectiva magnitude e, decorrentemente, a *deflexão reversível máxima admissível* - $D_{alívio}$.

Considerando a título de exemplo um fator de multiplicação da capacidade de tráfego Δ = 2,55 (10 anos/3,92 anos), o procedimento para determinação da deflexão máxima admissível sobre o pavimento velho, após o reforço, obedece à seguinte sequência de cálculo:

Deflexão reversível vigente D_o	⇨	Carga atuante $Q_{atuante}$	⇨	Fator de equivalência real FE_{real}
				FE_{real} /2,55
Deflexão reversível admissível $D_{Alívio}$	⇦	Carga reduzida $Q_{reduzida}$	⇦	Fator de equivalência reduzido $FE_{reduzido}$

Como as deflexões são obtidas pela aplicação de um eixo-padrão simples de rodagem dupla com carga de 8,2t (Norma DNIT) – à qual corresponde um FE = 1,0 – o fator de equivalência da carga a atuar sobre o pavimento velho se define pelo emprego da relação já citada: 1,0/2,55 = 0,392.

Com base nesse fator definido, calcula-se seguidamente a magnitude da carga a ser selecionada para atuar sobre o pavimento velho e, decorrentemente, a deflexão-alívio almejada; para o cálculo dos fatores de equivalência de carga por eixo, selecionou-se a expressão definida por Gontijo quando de seus trabalhos no LNEC, na década de 70, sob a orientação do genial engenheiro *Orlando d'Almeida Pereira, inventor do primeiro deflectógrafo de pavimentos e "pai" da retroanálise:*

$$FE = 10^{0,2665\,(Q\,-\,8,16)}$$

em que:

FE = Fator de equivalência de carga por eixo;

Q = Carga considerada para verificação da equivalência com o eixo-padrão de 8,2t.

podendo-se, entretanto, lançar mão da expressão equivalente usualmente aplicada, baseada na denominada "**quarta potência**"; a título de exemplo, considerando o pavimento velho submetido a uma deflexão de 110/100mm, tem-se:

Deflexão reversível vigente D_o = 110/100mm	⇨	Carga atuante $Q_{atuante}$ = 8,2 t	⇨	Fator de equivalência real FE_{real} = 1,0
Deflexão-alívio D_{adm} = 89/100mm	⇦	Carga reduzida $Q_{reduzida}$ = 6,63 t	⇦	Fator de equivalência reduzido $FE_{reduzido}$ = 0,392

4.2.7.3.4.7.5. Lei de Variação das Deflexões Reversíveis Máximas atuantes na superfície do Pavimento Antigo

Definidas as características estruturais do sistema pavimento – solo de fundação e da mistura asfáltica destinada a compor o reforço estrutural, estabelece-se a lei de variação das deflexões reversíveis máximas atuantes sobre o pavimento antigo considerando distintas espessuras da camada de reforço, ao tempo em que se define a "deflexão-alívio", qualificada para garantir o

acréscimo da capacidade de tráfego restante do pavimento – por alívio das solicitações – tornando-o apto a suportar as solicitações ulteriores, durante sua prestação de serviços futura.

A lei de variação das deflexões no pavimento velho em função das espessuras de reforço – incrementadas de 0,5 em 0,5cm – prima por externar uma variação única, caracterizada pelo fato de que, quanto maior a espessura de reforço, menor será a deflexão experimentada pelo pavimento antigo; para uma espessura nula, o valor da deflexão será igual ao da deflexão vigente.

Para ilustrar a presente proposição, apresenta-se a seguir a representação gráfica da lei de variação das deflexões reversíveis máximas atuantes no topo do revestimento antigo em função de espessuras sequenciais crescentes da camada de reforço; as espessuras de reforço a serem selecionadas devem atender à seguinte exigência:

$$D_{o\ (atuante)} \leq D_{o\ (\text{“alívio”})}$$

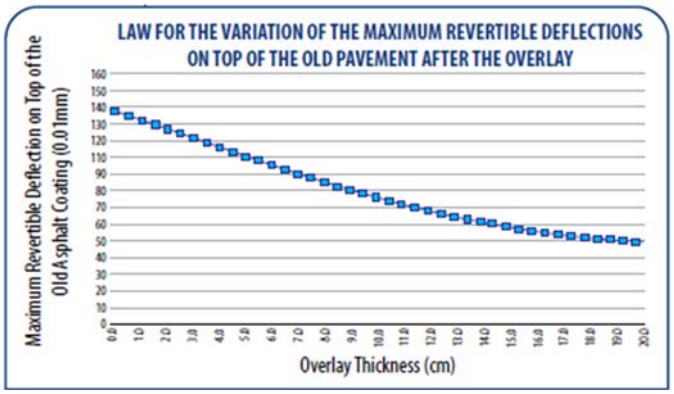


Figura 194 - Lei de variação das deflexões reversíveis máximas ocorrentes na superfície do pavimento existente considerando diferentes espessuras de reforço

4.2.7.3.4.7.6. Verificação da Resistência à Capacidade de Tráfego Restante (Deflexão Reversível Máxima Admissível no topo do Revestimento Existente, após Reforço)

Seguidamente, no âmbito da presente metodologia, promove-se o cotejamento da lei de variação das deflexões reversíveis máximas que irão atuar sobre a superfície do pavimento existente estabelecida em função de distintas espessuras da camada de reforço, a qual deve ser devidamente cotejada com o valor da deflexão-alívio, definida para definir o lenitivo necessário ao pavimento existente e multiplicar sua capacidade de tráfego restante. A intersecção da curva das deflexões reversíveis máximas atuantes sobre o pavimento antigo com o valor alvo – "deflexão de alívio" – define o limite entre as zonas do "espessuras proibidas" (deflexões atuantes maiores que a “deflexão-alívio” e a zona das "espessuras admissíveis" (deflexões atuantes menores ou iguais à “deflexão-alívio”.

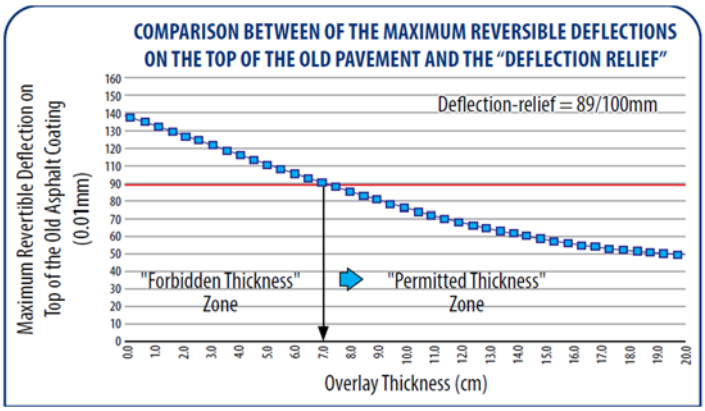


Figura 195 - Cotejamento entre as deflexões reversíveis máximas atuantes no pavimento existente e a deflexão máxima admissível, após reforço

4.2.7.3.4.7.7. Espessuras de Reforço para Atendimento à "Capacidade de Tráfego Restante do Pavimento Existente" (Critério Deflexão Reversível Máxima Admissível)

A proposição de *um reforço estrutural* requer, naturalmente, a definição da espessura ideal, a qual, pelos compêndios convencionais, é definida por meio de formulações matemáticas – contemplando uma série de parâmetros de comportamento – que determinam o valor da espessura a ser aplicada.

No caso da *Metodologia Paragon*, a filosofia para definir a espessura de um reforço estrutural é, entretanto, diferente, pois não se busca a espessura ideal e sim a definição das espessuras que não podem ser adotadas, identificadas por aquelas nas quais as deflexões reversíveis *atuantes à superfície da camada de revestimento antigo sobrepujam a deflexão-alívio máxima admissível*, definida para garantir o acréscimo de capacidade de tráfego necessário.

Dessa forma, a espessura do reforço estrutural deve ser selecionada no âmbito daquelas que garantem a supremacia da "deflexão-alívio" sobre as deflexões reversíveis atuantes sobre o revestimento antigo – após reforço -, etapa conclusa a partir da definição da *zona de espessuras proibidas*, traduzida pela interseção do valor da "deflexão-alívio" com a lei de variação das deflexões atuantes, sempre decrescentes com aumento das espessuras de reforço.

A interseção da reta correspondente ao valor da "deflexão-alívio" – só intercepta a curva de variação dos esforços atuantes uma única vez – estabelece duas zonas de admissibilidade: a zona que se dispõe antes da interseção corresponde à zona de *espessuras proibidas*, na qual as deflexões atuantes sobrepujam a "deflexão-alívio", e a zona disposta após a interseção, que traduz a *zona das espessuras admissíveis*, na qual as deflexões atuantes são subordinadas à "deflexão-alívio"; a seleção da espessura final fica naturalmente submissa às demandas das demais condições de dimensionamento:

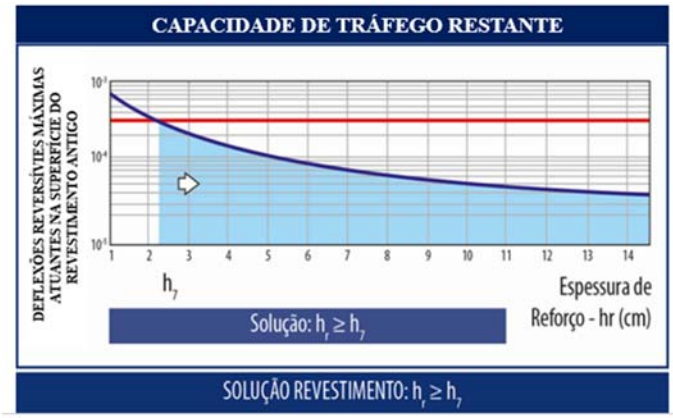


Figura 196 – Cotejamento entre a lei de variação das deflexões reversíveis máximas atuantes na superfície do pavimento antigo e a deflexão reversível máxima admissível (“deflexão-alívio”)

4.2.7.3.4.7.8. Redução das Tensões Verticais de Compressão Impostas ao Pavimento Existente

Para resolver essa segunda proposição, admitiu-se válida, mais uma vez, que a relação entre o efeito destrutivo e o alívio almejado poderia se alicerçar na redução do nível de solicitação imposto ao pavimento existente após o reforço, proeza que responderia pelo conforto necessário para lhe garantir um desempenho perfeito durante sua prestação de serviços futura.

Em síntese, a proposta consiste em *reduzir as tensões verticais de compressão que atuam à superfície do pavimento existente*, após reforçado, a níveis subordinados à tensão-alívio almejada; obviamente que tal exigência decorrerá da *potência e da espessura de reforço*.

Nesse caso, o grande desafio consiste, portanto, em estabelecer o nível de solicitação – o alívio – requerido pelo pavimento existente para qualificá-lo para a prestação de serviços futura, grandeza que, conhecidas as características de rigidez da mistura asfáltica a ser empregada, requer o conhecimento da profundidade estratigráfica em que ocorre a superfície de distribuição de carga almejada; a definição dessa profundidade define a espessura da camada de reforço demandada.

Para atendimento a essa exigência, faz-se fundamentalmente importante definir as qualificações do material destinado a compor a camada de reforço – notadamente a rigidez –, as quais estabelecem, de forma vigorosa, suas capacidades de receber, absorver e distribuir as cargas impingidas pelo tráfego; no caso presente, a definição da nobreza da mistura asfáltica destinada a compor o reforço estrutural já foi devidamente equacionada, estabelecida quando da verificação das outras condições de dimensionamento da *Metodologia Paragon*, para as quais se estabeleceu o valor de seu *módulo de rigidez*.

No que tange à definição da alíquota de redução a admitir, a tarefa se torna fácil se se considerar qualquer um dos critérios definidos anteriormente para o estabelecimento da presumível duração de vida restante do pavimento existente, expresso em termos percentuais.

Tomando-se o exemplo virtual anterior, de um pavimento com 14 anos de idade ou de prestação de serviços, que externa uma percentagem de fissuração na trilha de roda da ordem de 70% e que exibe uma vida restante da ordem de 3,92 anos, verifica-se ser necessário, para alcançar uma “vida de projeto” de 10 anos, multiplicar a capacidade de tráfego restante do pavimento existente pelo fator $\Delta = 2{,}55$ (10 anos/3,92 anos).

Como a proposta é aumentar a capacidade de tráfego restante do pavimento velho pela redução da magnitude das solicitações, o axioma fundamental consiste em reduzir a pressão vertical de compressão igual $\sigma_c = 5,6kgf/cm^2$ proporcionalmente à sua carência, ou seja:

$$\sigma_{c(sobre\ o\ pavimento\ velho)} = \frac{5,6\ kgf/cm^2}{\Delta}$$

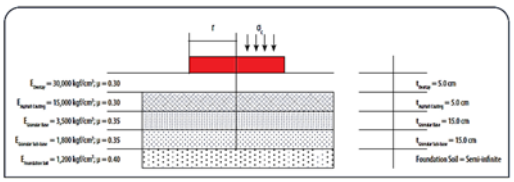
$$\sigma_{c(sobre\ o\ pavimento\ velho)} = \frac{5,6\ kgf/cm^2}{1,88} = 2,98\ kgf/cm^2$$

Entretanto, é de notório conhecimento que as qualificações dos materiais constituintes do reforço, do pavimento e do solo de fundação dependem fundamentalmente de suas "rigidezes", as quais propiciam distintas distribuições de carga consoante suas magnitudes, externadas por meio de "saias de distribuição" bastante variáveis: mais acentuadas (ou concentradas) para materiais mais frágeis e mais suaves (ou espraiadas) para materiais mais vigorosos; soma-se ainda a essa dificuldade o fato de as distribuições de carga em sistemas estratificados dependerem, de forma substancial, das qualificações e estratificação das camadas, as quais trabalham em regime solidário.

A contemplação dessa diferenciação de estados de rigidez conjuntamente com a distinção das características estruturais dos materiais constituintes do sistema *reforço – pavimento existente – solo de fundação*, associadas às condições de trabalho em sistemas estratificados solidários, demanda, entretanto, cálculos complexos, fundamentados na Teoria da Elasticidade aplicada a sistemas estratificados carregados à superfície. Assim considerando, desenvolveu-se, ao nível da metodologia Paragon, um programa de cálculo automático específico - Programa **StrataSys** -, capaz de permitir a computação das tensões verticais de compressão no topo de qualquer camada do sistema estratificado, sob a carga e à distintas distâncias do centro de aplicação de cargas; programa permite o cálculo também à diferentes profundidades.

Do exposto, verifica-se que essa vertente da 4ª Condição de Dimensionamento proposta pela Metodologia Paragon consiste, fundamentalmente, na definição de uma espessura de reforço – com características estruturais bem definidas – que garanta que o nível da tensão vertical a atuar a superfície do pavimento existente – após o reforço – seja disciplinado pela "tensão-alívio" previamente definida, necessária para garantir o desejado aumento da sua capacidade de tráfego remanescente.

No âmbito da presente metodologia, a condição de dimensionamento contempla apenas o valor da tensão vertical máxima de compressão que atuará o topo da camada de revestimento existente, ou seja, a tensão verificada sob a carga, a qual deve ser cotejada com a tensão de alívio definida. Entretanto, vale destacar que o programa desenvolvido permite o cálculo das tensões verticais de compressão exercidas no topo e à quaisquer profundidades de todas as camadas e solo de fundação e distancias do centro de aplicação de carga considerando diferentes espessuras de reforço, conforme ilustrado para um sistema virtual (carregamento circular R = 15,24cm com 4.100 kgf e σc = 5,6 kgf/ cm2) contemplado nas figuras apresentadas a seguir:



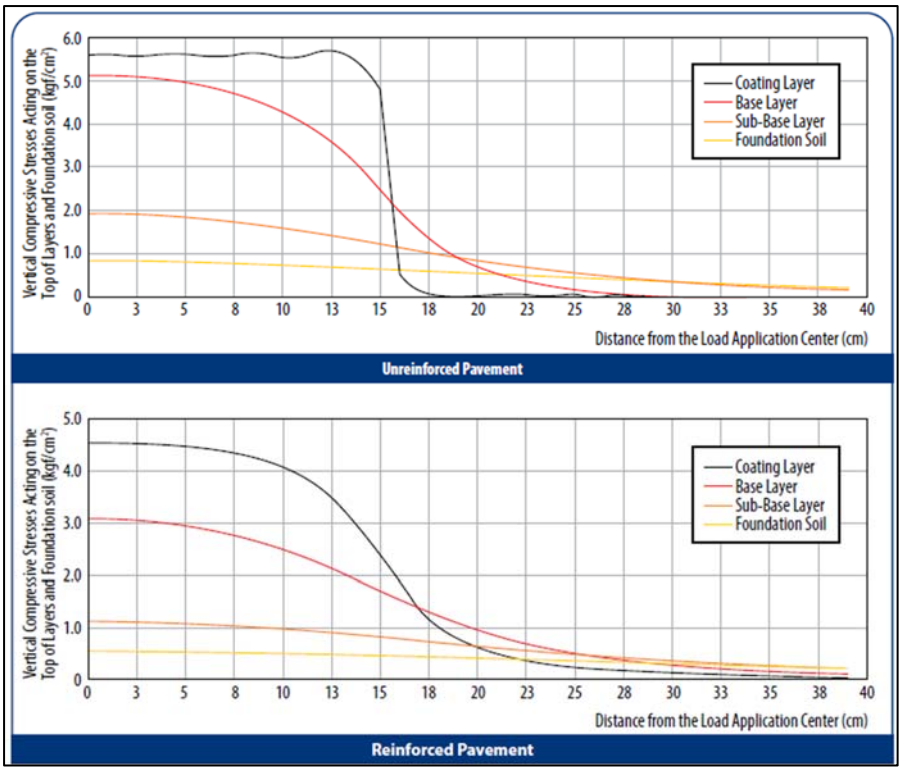


Figura 197 – Leis de Variação das Tensões Verticais de Compressão atuantes no topo das camadas constitutivas e do solo de fundação, antes e após o reforço, a distintas distâncias do centro de aplicação de cargas

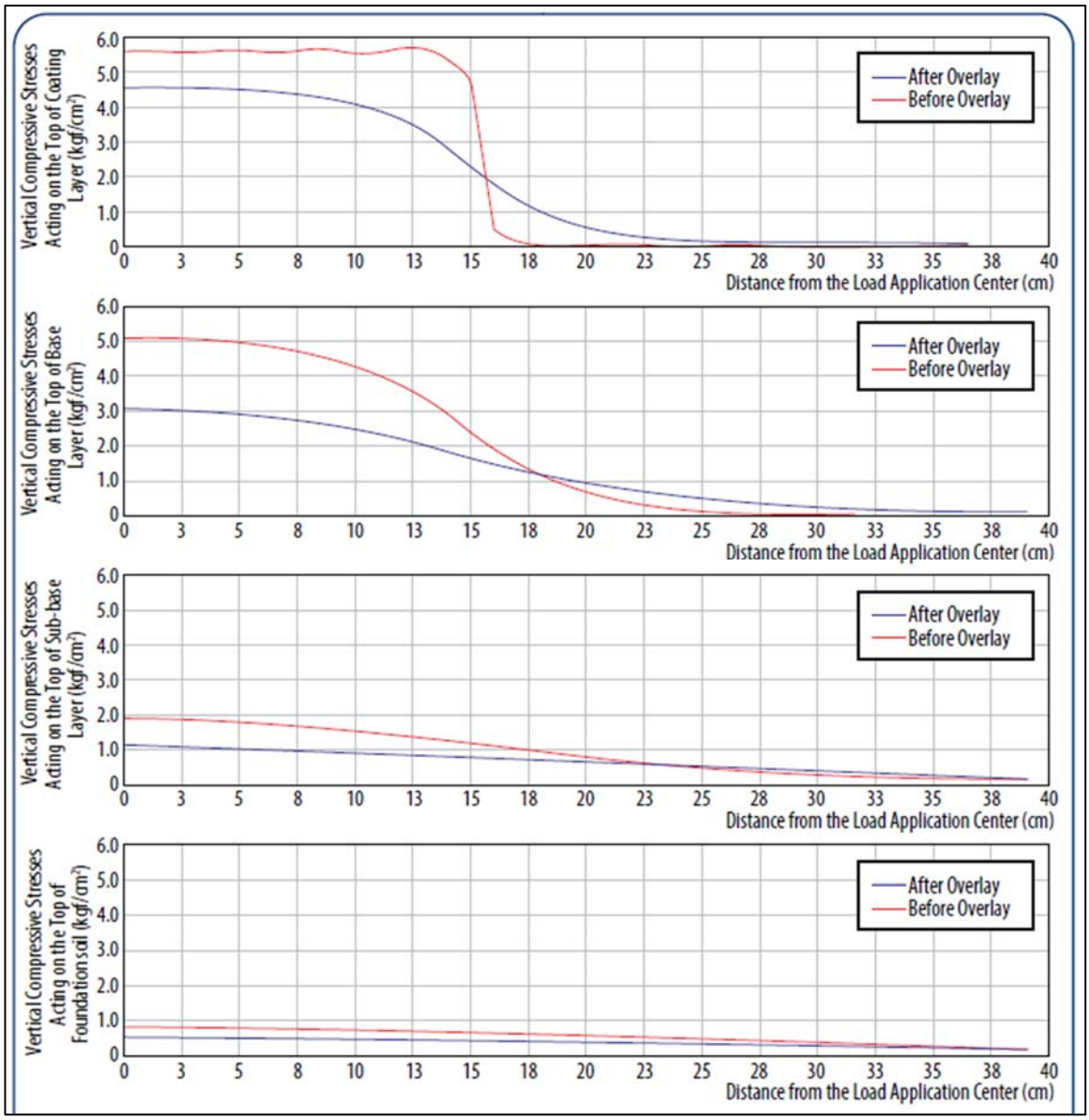


Figura 198 – Comparação entre as Tensões Verticais de Compressão atuantes na superfície do pavimento existente, antes e após o reforço estrutural (5,0cm).

4.2.7.3.4.7.9. Lei de Variação das Tensões Verticais de Compressão Máximas atuantes na Superfície do Pavimento Antigo

O programa StrataSys faculta, por conseguinte, o cálculo das tensões verticais de compressão máximas exercidas sobre o pavimento velho considerando diferentes espessuras de reforço. A lei de variação das deflexões no pavimento velho em função das espessuras de reforço – incrementadas de 0,5 em 0,5cm – prima por externar uma variação única, caracterizada pelo fato de que, quanto maior a espessura de reforço, menor será a deflexão experimentada pelo pavimento antigo.

A integração gráfica dos pares homólogos faculta a determinação da lei de variação das tensões atuantes considerando distintas espessuras de reforço, a qual se deve ser, em seguida, cotejada com o valor da "tensão-alívio". Vale destacar ainda que a lei de variação dos esforços atuantes se prima por externar uma variação decrescente consoante o acréscimo das espessuras de

reforço, externando valor máximo, como seria de se esperar, quando a espessura de reforço é nula; o valor da carga distribuída máxima é igual a σ_c = 5,6kgf/cm2.

A lei de variação das tensões verticais de compressão que irão atuar na superfície do pavimento existente, estabelecida pela consideração de distintas espessuras da camada de reforço, deve ser seguidamente cotejada com o valor da tensão vertical de compressão almejada, definida para propiciar o alívio necessário do pavimento existente e multiplicar sua capacidade de tráfego restante.

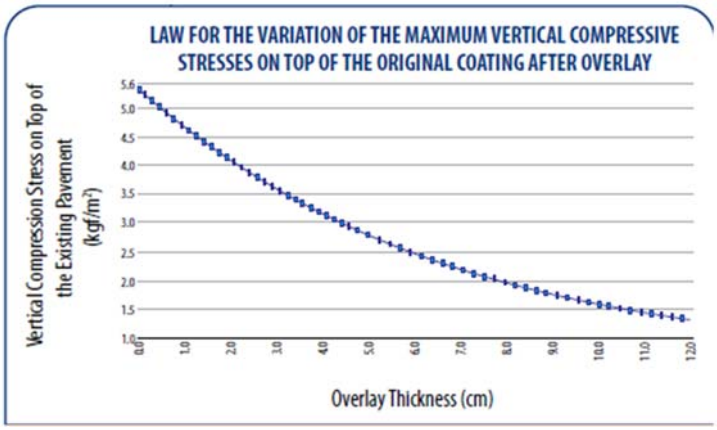


Figura 199 - Lei de variação das tensões verticais de compressão na superfície do pavimento existente considerando diferentes espessuras de reforço

4.2.7.3.4.7.10. Verificação da Resistência à Capacidade de Tráfego Restante (Tensão Vertical de Compressão Máxima Admissível no topo do Revestimento Antigo)

Primeiramente, estabelece-se a lei de variação das tensões verticais máximas de compressão atuantes sobre o pavimento antigo considerando distintas espessuras da camada de reforço, ao tempo em que se tem em conta a "tensão-alívio", tradutora da tensão máxima admissível necessária para garantir o acréscimo da capacidade de tráfego restante do pavimento de forma a torná-lo apto a suportar as solicitações durante sua prestação de serviços futura (*Número N*).

Seguidamente, no âmbito da presente metodologia, promove-se o cotejamento dessa "tensão-alívio" com os valores dispostos sobre a curva de variação das tensões verticais máximas atuantes sobre o pavimento existente. A intersecção da curva das tensões verticais máximas atuando sobre o pavimento antigo com o valor alvo – "tensão-alívio" – define o limite entre as zonas do "espessuras proibidas" (tensões atuantes maiores que a "tensão de alívio" e a zona das "espessuras admissíveis" (tensões atuantes menores ou iguais à "tensão de alívio".

Para ilustrar a presente proposição, apresenta-se a seguir a representação gráfica da lei de variação das tensões verticais de compressão atuantes no topo do revestimento antigo em função de espessuras sequenciais crescentes da camada de reforço, seguida da plotagem gráfica do valor da tensão-alívio definida; as espessuras de reforço a serem selecionadas devem atender à seguinte exigência:

$$\sigma_{v\ (atuante)} \leq \sigma_{v\ (\text{"alívio"})} \quad \textbf{e/ou} \quad \varepsilon_{v\ (atuante)} \leq \varepsilon_{v(\text{"alívio"})}$$

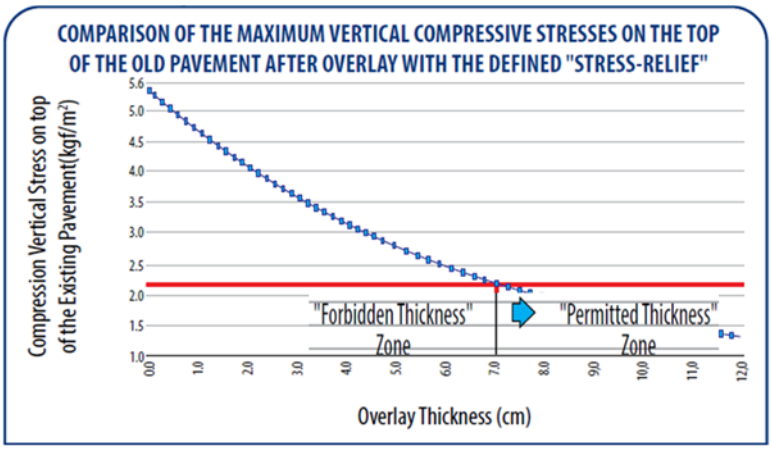


Figura 200 - Lei de variação das tensões verticais de compressão na superfície do pavimento existente considerando diferentes espessuras de reforço

4.2.7.3.4.7.11. Espessuras de Reforço para Atendimento à "Capacidade de Tráfego Restante do Pavimento Existente" (Critério Tensão Vertical de Compressão Máxima Admissível)

A proposição de um *reforço estrutural* requer, naturalmente, a definição da espessura ideal, a qual, pelos compêndios convencionais, é definida por meio de formulações matemáticas – contemplando uma série de parâmetros de comportamento – que determinam o valor da espessura a ser aplicada.

No caso da *Metodologia Paragon*, a filosofia para definir a espessura de um reforço estrutural é, entretanto, diferente, pois não se busca a espessura ideal e sim a definição das espessuras que não podem ser adotadas, identificadas por aquelas nas quais os *esforços verticais de compressão atuantes à superfície da camada de revestimento antigo sobrepujam a tensão-alívio máxima admissível*, definida para garantir o acréscimo de capacidade de tráfego necessário.

Dessa forma, a espessura do reforço estrutural deve ser selecionada no âmbito daquelas que garantem a supremacia da "tensão-alívio" sobre as tensões verticais de compressão atuantes sobre o revestimento antigo – após reforço -, etapa conclusa a partir da definição da *zona de espessuras proibidas*, traduzida pela interseção do valor da "tensão-alívio" com a lei de variação das tensões atuantes, sempre decrescentes com aumento das espessuras de reforço.

A interseção da reta correspondente ao valor da tensão limite máxima admissível – "tensão-alívio" - só intercepta a curva de variação dos esforços atuantes – em função das espessuras de reforço – uma única vez, estabelecendo, assim, duas zonas de admissibilidade: a zona que se dispõe antes da interseção corresponde à *zona de espessuras proibidas*, na qual as tensões atuantes sobrepujam a "tensão-alívio", e a zona disposta após a interseção, que traduz a *zona das espessuras admissíveis*, na qual as tensões atuantes são subordinadas à "tensão-alívio"; a seleção da espessura final fica naturalmente submissa às demandas das demais condições de dimensionamento:

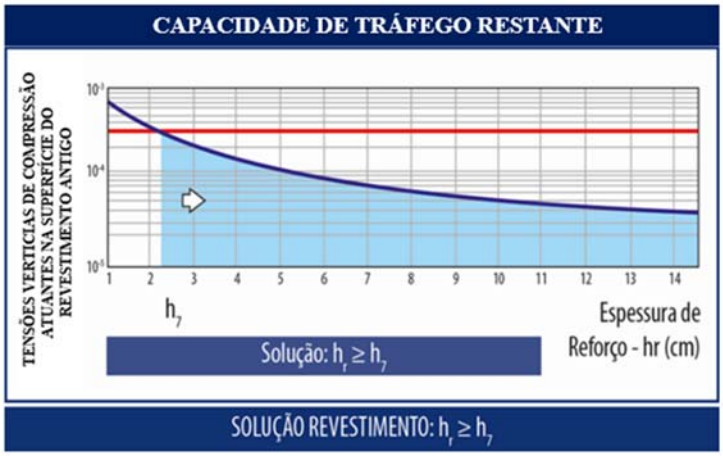


Figura 201 – Cotejamento entre a lei de variação das tensões verticais de compressão máximas atuantes na superfície do pavimento antigo e a tensão limite máxima admissível ("tensão-alívio")

4.2.7.3.4.7.12. Redução do nível deflectométrico imposto ao pavimento existente

Para solucionar essa proposição, admitiu-se a existência de relacionamento entre efeito destrutivo e alívio propiciado, os quais podem ser contemplados pela *redução das deflexões reversíveis que atuam à superfície do pavimento existente* e da *suavização da concavidade dos deflectogramas* – após o reforço –, propriedades a serem ofertadas pela camada de reforço estrutural.

Desta forma, o desafio consiste em definir a magnitude da deflexão a atuar no pavimento velho, a qual deve ser deliberada em consonância com o alívio estrutural requerido – $\boldsymbol{D}_{(alívio)}$. A definição da nobreza da mistura asfáltica destinada a compor o reforço estrutural, variável de enorme influência, já foi devidamente equacionada no âmbito das condições anteriores de dimensionamento propostas pela *Metodologia Paragon*, as quais demandaram a definição do módulo de rigidez de mistura asfáltica a ser empregada.

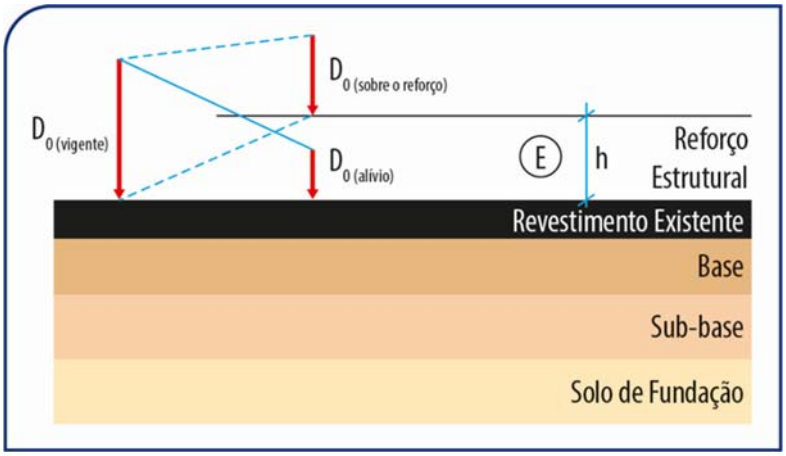


Figura 202- Representação esquemática da definição da Deflexão-Alívio ($D_{Alívio}$) sobre o revestimento existente após o reforço estrutural

Na evolução desse procedimento conceptivo considerou-se, primeiramente, que o estabelecimento da *deflexão máxima admissível à superfície do pavimento antigo* após o

reforço poderia ser vinculado à redução do efeito destrutivo necessária para proporcionar a sobrevida demandada pelo pavimento velho (aumento de sua capacidade de tráfego restante).

Ajuizou-se, dessa forma, que uma fundamentação adequada poderia se respaldar no abraço à consagrada proporcionalidade Hookeana que disciplina as relações entre as deformações reversíveis e cargas solicitantes – admissão do regime elástico ou resiliente com uma mesma carga em uma mesma estrutura –, peculiaridade que permite inferir que a diminuição da deflexão reversível que atua no pavimento velho implica, naturalmente, a diminuição proporcional da carga atuante.

Assim concebendo, o fundamento principal nesse procedimento conceptivo se ancorou nos alicerces que regem o conceito de *efeito destrutivo das cargas por eixo e na sua quantificação, tarefa que, por sua vez, se alicerçou nos princípios básicos que nortearam o desenvolvimento dos denominados fatores de equivalência de carga por eixo*, tão usualmente aplicados em nossos dimensionamentos.

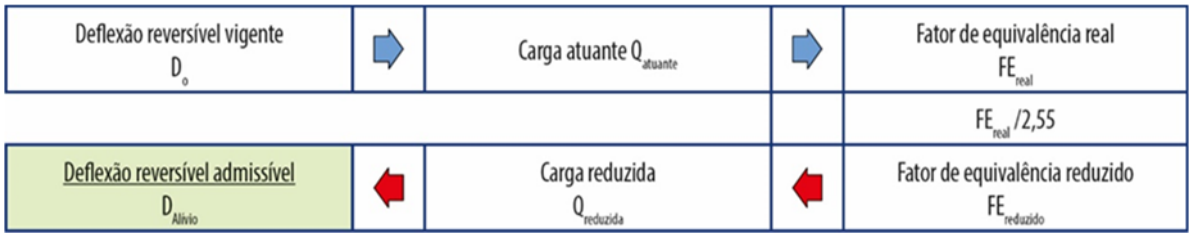
Com efeito, como a concepção primária desses fatores de equivalência se fundamenta no estabelecimento das *capacidades destrutivas das diferentes cargas* – as quais são reportadas ao final a um eixo-padrão de 8,2t (18kips) – e a clave da presente proposição consiste em reduzir os efeitos destrutivos impostos ao pavimento antigo, entendeu-se que a magnitude dessa exigência se atrelava naturalmente à redução da carga solicitante.

Desse modo, sopesando que o alívio requerido pode ser lavrado pela redução do efeito destrutivo pertinente à carga atual, a dificuldade reside apenas na quantificação a ser processada, a qual pode ser, entretanto, suprida, se atrelada à necessidade de majoração da capacidade de tráfego restante demandada pelo pavimento existente para seu perfeito atendimento às solicitações futuras.

Conhecendo, portanto, o aumento da capacidade de tráfego requerido (Δ) – definido pela razão entre as vidas de projeto e remanescente –, tem-se que o alívio demandado pode ser determinado pela diminuição proporcional da carga atuante, quantificável por meio da redução também proporcional dos fatores de equivalência de carga por eixo:

Determinado o coeficiente de equivalência da carga a atuar no pavimento antigo, após o reforço, define-se, numa relação inversa, a sua respectiva magnitude e, decorrentemente, a *deflexão reversível máxima admissível - $D_{alívio}$*.

Considerando a título de exemplo um fator de multiplicação da capacidade de tráfego $\Delta = 2,55$ (10 anos/3,92 anos), o procedimento para determinação da deflexão máxima admissível sobre o pavimento velho, após o reforço, obedece à seguinte sequência de cálculo:



Como as deflexões são obtidas pela aplicação de um eixo-padrão simples de rodagem dupla (EP) com carga de 8,2t (Norma DNIT) – à qual corresponde um FE = 1,0 – o fator de

equivalência da carga a atuar sobre o pavimento velho se define pelo emprego da relação já citada: 1,0/2,55 = 0,392.

Com base nesse fator definido, calcula-se seguidamente a magnitude da carga a ser selecionada para atuar sobre o pavimento velho e, decorrentemente, a *deflexão-alívio almejada*; para o cálculo dos fatores de equivalência de carga por eixo, selecionou-se a expressão definida por Gontijo quando de seus trabalhos no LNEC, na década de 70, sob a orientação do genial engenheiro *Orlando d'Almeida Pereira*, *inventor do primeiro deflectógrafo de pavimentos e "pai" da retroanálise*:

$$FE = 10^{0,2665\ (Q-8,16)}$$

em que:

FE = Fator de equivalência de carga por eixo;

Q = Carga considerada para verificação da equivalência com o eixo-padrão de 8,2t.

podendo-se, entretanto, lançar mão da expressão equivalente usualmente aplicada, baseada na denominada "*quarta potência*"; a título de exemplo, considerando o pavimento velho submetido a uma deflexão de 110/100mm, tem-se:

Deflexão reversível vigente $D_o = 110/100mm$	⇨	Carga atuante $Q_{atuante} = 8,2\ t$	⇨	Fator de equivalência real $FE_{real} = 1,0$
Deflexão-alívio $D_{adm} = 89/100mm$	⇦	Carga reduzida $Q_{reduzida} = 6,63\ t$	⇦	Fator de equivalência reduzido $FE_{reduzido} = 0,392$

Na sequência evolutiva do procedimento concebido, estabelece-se a lei de variação das deflexões reversíveis ocorrentes na superfície do pavimento existente após o reforço estrutural feito considerando as espessuras sequenciais e crescentes, procedimento que se materializa pelo programa de cálculo automático especialmente desenvolvido, o qual permite inclusive a computação das deflexões reversíveis no topo de qualquer camada do sistema estratificado.

A lei de variação das deflexões no pavimento velho em função das espessuras de reforço – incrementadas de 0,5 em 0,5cm – prima por externar uma variação única, caracterizada pelo fato de que, quanto maior a espessura de reforço, menor será a deflexão experimentada pelo pavimento antigo; para uma espessura nula, o valor da deflexão será igual ao da deflexão vigente, no exemplo, admitida como igual a 110/100mm.

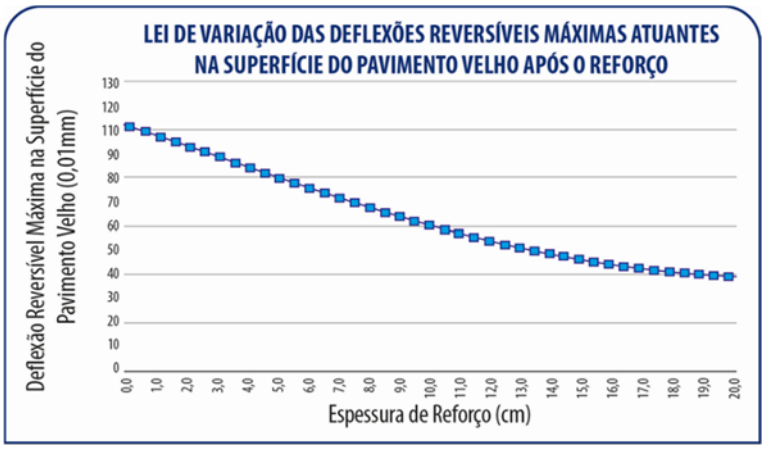


Figura 203 - Lei de variação das deflexões reversíveis máximas ocorrentes na superfície do pavimento existente considerando diferentes espessuras de reforço

A lei de variação das deflexões reversíveis máximas que irão atuar sobre a superfície do pavimento existente estabelecida por meio da consideração das distintas espessuras da camada de reforço deve ser devidamente cotejada com o valor da *deflexão-alívio* definida para definir o lenitivo necessário ao pavimento existente e multiplicar sua capacidade de tráfego restante; a intersecção da lei de variação das deflexões – espessuras de reforço com a deflexão-alívio determinada – define as zonas das espessuras "proibidas" e passíveis de admissão.

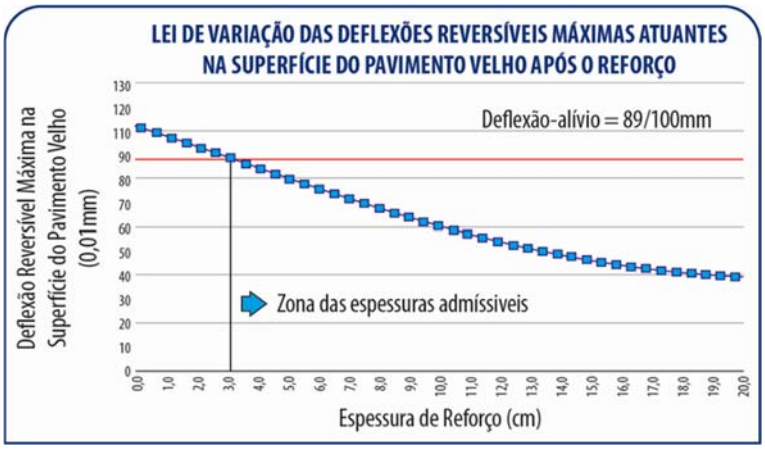


Figura 204 - Cotejamento entre as deflexões reversíveis máximas atuantes no pavimento existente e a deflexão máxima admissível, após reforço

4.2.7.3.4.7.13. Redução das tensões verticais de compressão impostas ao pavimento existente

Para resolver essa segunda proposição, admitiu-se válida, mais uma vez, que a relação entre o efeito destrutivo e o alívio almejado poderia se alicerçar na redução do nível de solicitação imposto ao pavimento existente após o reforço, proeza que responderia pelo conforto necessário para lhe garantir um desempenho perfeito durante sua prestação de serviços futura.

Em síntese, a proposta consiste em *reduzir as tensões verticais de compressão que atuam à superfície do pavimento existente* após reforçado, a ser ofertada pelas qualificações da camada de reforço, nomeadamente sua *potência de reforço* e *espessura*.

Nesse caso, o grande desafio consiste, portanto, em estabelecer o nível de solicitação – o alívio – requerido pelo pavimento existente para qualificá-lo para a prestação de serviços futura, grandeza que requer o conhecimento da profundidade estratigráfica em que ocorre a superfície de distribuição de carga almejada; a definição dessa profundidade define a espessura da camada de reforço demandada.

Para atendimento dessa exigência já mencionada, faz-se fundamental definir primeiramente as qualificações do material destinado a compor a camada de reforço – notadamente a rigidez –, as quais se vinculam, de forma vigorosa, à respectiva capacidade de receber, absorver e distribuir a fração restante das cargas impingidas pelo tráfego; no caso presente, a definição da nobreza da mistura asfáltica destinada a compor o reforço estrutural já foi devidamente equacionada, estabelecida quando da verificação das outras condições de dimensionamento da *Metodologia Paragon*, para as quais se estabeleceu o valor de seu *módulo de rigidez*.

No que tange à definição da alíquota de redução a admitir, a tarefa se torna fácil se se considerar qualquer um dos três critérios definidos anteriormente – ou os três – para o estabelecimento da presumível duração de vida restante do pavimento existente, expresso em termos percentuais. Adotando como exemplo o critério da proporção de trilha de roda fissurada, pode-se determinar o *tempo de serviços já prestado pelo pavimento* – contado desde a sua liberação para o tráfego até a ocasião dos levantamentos de campo – e prever a sua duração de vida restante.

Tomando-se o exemplo anterior – um pavimento com 14 anos de idade ou de prestação de serviços, que externa uma percentagem de fissuração na trilha de roda da ordem de 70%, exibe uma vida restante da ordem de 3,92 anos – verifica-se ser necessário, para alcançar uma "vida de projeto" de 10 anos, multiplicar a capacidade de tráfego restante do pavimento existente pelo fator $\Delta = 2{,}55$ (10 anos/3,92 anos).

Sabe-se, por sua vez, que as características de carregamento vigentes – eixo simples carregado com 8,2t distribuídas em dois pares de rodas gêmeas, cada uma suportando uma carga de 2.050kgf distribuída numa área circular com raio r = 10,8cm – respondem pela imposição, à superfície do pavimento existente, por uma pressão vertical de compressão igual $\sigma_c = 5{,}6 kgf/cm^2$.

Como a proposta é aumentar a capacidade de tráfego restante do pavimento velho pela redução da magnitude das solicitações, o axioma fundamental consiste em reduzir a pressão de contato proporcionalmente à sua carência, ou seja:

$$\sigma_{c(sobre\ o\ pavimento\ velho)} = \frac{5{,}6\ kgf/cm^2}{\Delta}$$

$$\sigma_{c(sobre\ o\ pavimento\ velho)} = \frac{5{,}6\ kgf/cm^2}{1{,}88} = 2{,}98\ kgf/cm^2$$

É de conhecimento, entretanto, que as qualificações dos materiais constituintes do reforço, do pavimento e do solo de fundação dependem fundamentalmente de sua "rigidez", a qual propicia distintas distribuições de carga consoante sua magnitude, externada por meio de "saias de distribuição" bastante variáveis: mais acentuadas (ou concentradas) para materiais mais frágeis e mais suaves (ou espraiadas) para materiais mais vigorosos; soma-se ainda a essa dificuldade o fato de as distribuições de carga em sistemas estratificados dependerem, de forma substancial, das qualificações das camadas subjacentes e sobrejacentes, as quais trabalham em regime solidário.

Essa diferenciação de estados de rigidez pode ser vislumbrada em termos de cálculo teórico que contemple conjuntamente as características estruturais (estratificação, módulos de elasticidade e coeficientes de Poisson) dos materiais constituintes do sistema composto do *reforço – pavimento existente – solo de fundação*, que remete naturalmente a um processo de cálculo teórico mais complexo, nesse caso facilitado pela aplicação de um programa de cálculo automático especialmente desenvolvido que permite inclusive a computação das tensões verticais de compressão no topo de qualquer camada do sistema estratificado.

Destarte, a dificuldade que se apresenta consiste na definição da profundidade a que essa superfície de distribuição de carga almejada se situa – a qual define a espessura do reforço –, tarefa que pode ser avaliada pelo cálculo sequencial das superfícies de distribuição de carga ocorrentes no pavimento existente considerando espessuras de reforço que variam de forma crescente, em incrementos de 0,5 em 0,5cm.

A lei de variação das distribuições de carga em profundidade prima por adotar uma variação única, caracterizada por externar diâmetros crescentes com a profundidade, ou seja, tensões verticais de compressão decrescentes; para uma espessura nula, conforme se pode observar na figura a seguir; o valor da área de distribuição de cargas será igual à área de contato pneu–pavimento (σ_c = 5,6kgf/cm² e r = 10,8cm):

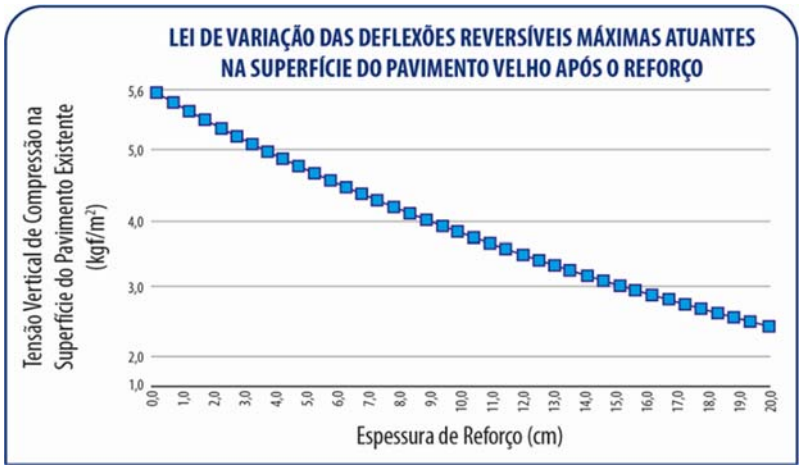


Figura 205 - Lei de variação das tensões verticais de compressão na superfície do pavimento existente considerando diferentes espessuras de reforço

A lei de variação das tensões verticais de compressão que irão atuar na superfície do pavimento existente é estabelecida pela consideração das distintas espessuras da camada de reforço e deve ser devidamente cotejada com o valor da tensão vertical de compressão almejada, definida para propiciar o alívio necessário do pavimento existente e multiplicar sua capacidade de tráfego restante.

A intersecção da lei de variação das tensões verticais – espessuras de reforço com a tensão almejada – estabelece a fronteira entre as espessuras que não atendem à demanda e as espessuras que atendem ao critério reclamado para alívio do pavimento, conforme pode ser observado na ilustração abaixo.

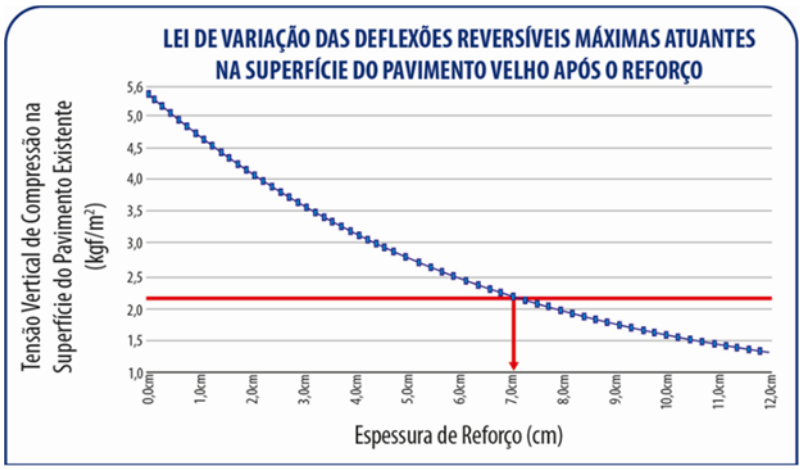


Figura 206 - Cotejamento entre as tensões verticais de compressão no pavimento existente, após o reforço, com a tensão-alívio almejada

Caso não se disponha, entretanto, de procedimento de cálculo automático, um caminho alternativo ainda se apresenta, o qual parte do pressuposto de que a pressão de contato a ser exercida sobre o pavimento velho após o reforço – no exemplo igual a $\sigma_c = 2{,}196 kgf/cm^2$ – requer uma área de distribuição circular traduzida pela expressão:

$$\sigma_c = \frac{Q\ (kgf)}{Área\ (cm^2)}$$

que permite a definição da área de contato circular almejada e de seu respectivo raio:

$$Área_{\ (distribuição\ da\ carga)} = \frac{2050}{2{,}98\ kgf/cm^2} = 687{,}92\ cm^2 \quad \therefore \quad r_{Pav.Existente} = 14{,}8\ cm$$

Desse modo, conhecida a área de distribuição da carga na superfície do pavimento velho – no caso exemplificado com r = 20,88cm –, a continuidade do processo demanda a definição da profundidade a que deverá se dispor essa superfície, exigência que determina a espessura de reforço requerida.

Essa demanda é, entretanto, dificultada pela grande variabilidade dos materiais que compõem o sistema composto pelo pavimento, solo de fundação e o próprio reforço, os quais externam, naturalmente, diferentes qualificações estruturais – diferentes estados de rigidez – que respondem por distribuições de carga completamente distintas.

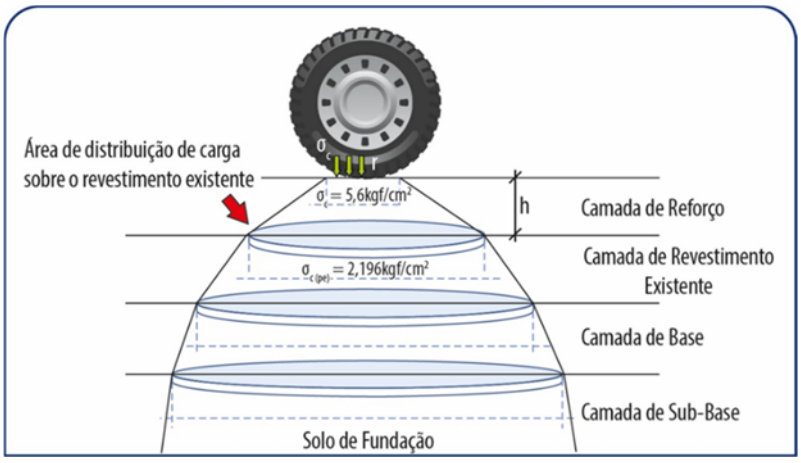


Figura 207 - Definição da pressão de compressão vertical a atuar o pavimento velho após o reforço

Para resolução do problema posto, um artifício analítico interessante se apresenta, fundamentado no conceito de ***espessura equivalente*** estabelecido pelo *Dr. Sven Nils Odemark* (1899-1989) (Investigations as to the elastic properties of soils and design of pavements according to the theory of elasticity Suécia, 1949) –, procedimento que se apresenta detalhado mais adiante nos tópicos referentes ao cálculo dos módulos de rigidez da mistura asfáltica (3.2.6.2.2 - Conceituações de "tempo e carga" e de "frequência de solicitação" e 3.2.6.2.3 - Conceituação de diâmetros específicos).

O artifício proposto por Odemark em sua teoria para dimensionamento de estruturas rodoviárias consiste na transformação das espessuras de todas as camadas de um pavimento (compostas de materiais diferentes) em espessuras convertidas em termos do solo de fundação, ou seja, em espessuras "equivalentes" dotadas de módulos de elasticidade iguais ao do solo de fundação ($\boldsymbol{E}_{sf}$).

Essa equivalência permite transformar um sistema estratificado composto de camadas que externam espessuras e módulos de elasticidade distintos em um sistema constituído por uma camada única, dotada de rigidez igual à do solo de fundação. Essa solução conduz ao denominado *Sólido de Boussinesq*, o qual permite considerar, de forma bastante abalizada, distribuições de carga disciplinadas por *troncos de cone* com as geratrizes dispostas em ângulos aproximadamente iguais a 45º; sob essas condições, torna-se possível determinar a circunferência de distribuição de carga em qualquer profundidade e, decorrentemente, o nível tensiométrico atuante.

Assim, conforme será demonstrado mais adiante, na estrutura do pavimento transformada em um sólido de Boussinesq – dotado de módulo de elasticidade igual a $\boldsymbol{E}_{sf}$ –, as tensões se distribuem segundo um tronco de cone com as geratrizes externas disciplinadas por ângulos de 45º. No caso de um eixo comercial simples, onde não ocorre nenhuma sobreposição de carga, o diâmetro específico da área de distribuição de cargas a qualquer profundidade é definido pela expressão apresentada e ilustrada na figura a seguir**:**

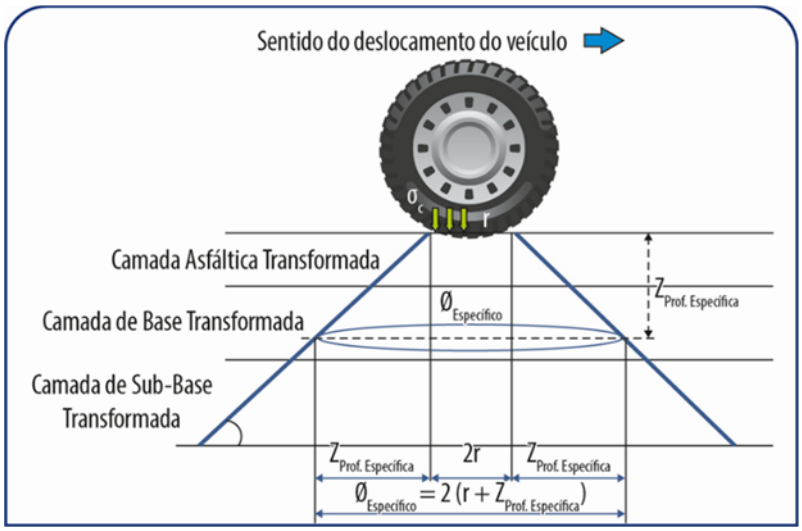


Figura 208 - Definição do Diâmetro específico sob a solicitação de um eixo simples.

$$\Phi_{específico} = 2\ (r + Z_{prof})$$

No caso dos eixos "tandem" duplos, verificam-se três condições de carregamento, traduzidas na parte superior pela não existência de sobreposições de carga, na parte intermediária pela existência sobreposições parciais e na parte inferior, pelas sobreposições totais.

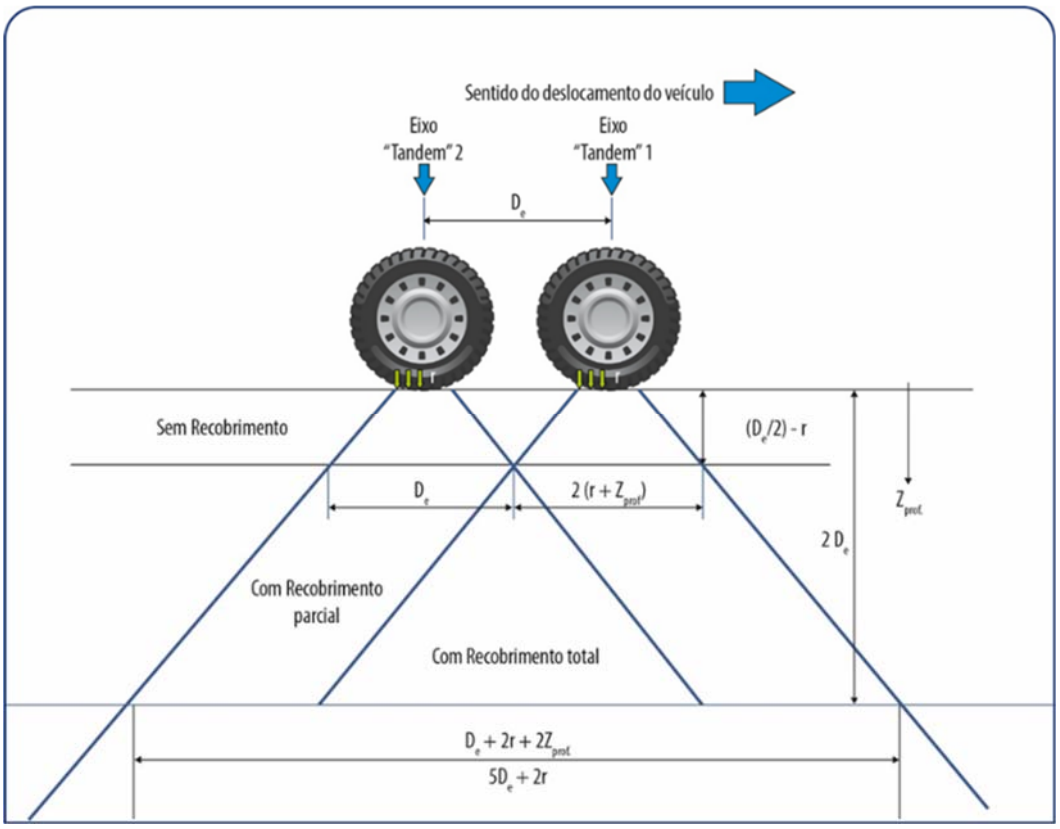


Figura 209 - Distribuição das cargas impostas por um eixo "tandem" duplo.

Embora o procedimento Odemark permita transformar as espessuras das camadas do sistema existente em um maciço único, mantém-se a inda a dificuldade de definir a que profundidade se dispõe a superfície circular correspondente à tensão reduzida, desejada.

Consideradas, entretanto, as condições de carregamento externo (σ_c = 5,6kgf/cm²), conhecida a tensão-alívio requerida pelo pavimento existente (σ= 2,196kgf/cm²) e os módulos de

elasticidade do material selecionado para o reforço do pavimento ***(E_{rf})*** e do solo de fundação ***(E_s)*** – obtido por retroanálise –, o cálculo da profundidade a que corresponde a tensão-alívio (superfície circular de raio r = 20,88cm) se torna facilmente resolvível.

No caso da consideração de um *eixo simples*, o cálculo da profundidade da superfície correspondente à pressão a ser exercida – espessura equivalente do reforço – se processa de forma simples, com base na expressão anterior que define o diâmetro específico:

$$\emptyset_{específico} = 2(r + Z_{Prof})$$

$$Z_{Prof.} = \frac{\emptyset_{específico} - 2r}{2} = \frac{(14{,}8\ x\ 2) - 2\ x\ 10{,}8}{2} = 10{,}08\ cm$$

No caso da consideração de um *eixo tandem duplo*, três possibilidades de ocorrência se apresentam – descritas detalhadamente mais adiante –, verificando-se, entretanto, que *as espessuras de reforço mais usuais se enquadram na fração superior do sólido de Boussinesq*. Assim considerando, faz-se, entretanto, necessário averiguar em qual dos três posicionamentos se encontra a profundidade investigada, a qual deve ser pesquisada em profundidades em que não se constatam sobreposições de cargas:

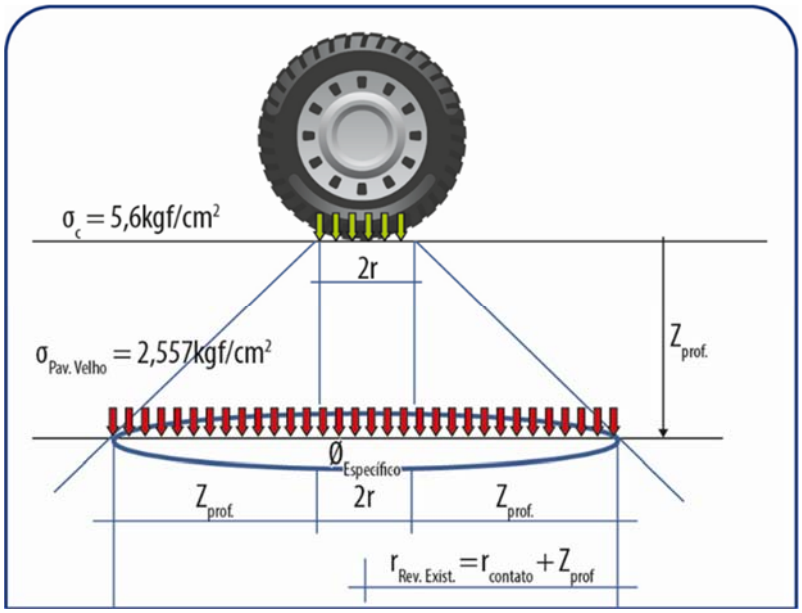


Figura 210 - Definição da profundidade de ocorrência da pressão-alívio requerida.

Essa condição enseja confirmar a profundidade de 10,08cm, também para os eixos "tandem", por meio da resolução das seguintes expressões:

$$\sigma_{Pav.Existente} = 2{,}196\ kgf/cm^2 = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{3{,}14\ x\ (r_{Rev.Existente})^2}$$

$$2{,}196\ kgf/cm^2 = \frac{2050}{3{,}14\ x\ (r + Z_{Prof.})^2}$$

$$Z_{Prof.} = 10{,}08\ cm$$

A finalização do processo se concretiza logo após a transformação inversa: *espessura equivalente* em *espessura real*.

Finalmente, considerando o módulo de elasticidade definido para o reforço estrutural a ser empregado ($E_{ref.}$ = 40.000kgf/cm^2) e o módulo de elasticidade do solo de fundação (E_{sf} = 1815kgf/cm^2) determinado por retroanálise, processa-se a transformação da *espessura equivalente* em *espessura real* que traduz a espessura de reforço requerida para possibilitar o alívio de carregamento necessário; no presente exemplo, tem-se:

$$h_{equiv.} = h_{ref.}\, x \sqrt[3]{\frac{E_{ref.}}{E_{sf}}} \quad \rightarrow \quad h_{ref.} = \frac{h_{equiv.}}{\sqrt[3]{\frac{E_{ref.}}{E_{sf}}}} = \frac{10{,}08}{\sqrt[3]{\frac{40.000}{1815}}} = 3{,}60\ cm$$

$$h_{ref.} = 3{,}60\ cm$$

4.2.7.3.4.8.Definição dos Parâmetros de Dimensionamento Estrutural

4.2.7.3.4.8.1. Considerações Gerais

O procedimento metodológico fundamenta-se na verificação das resistências à fadiga das camadas asfálticas e à deformação permanente dos solos de fundação, condições que demandam necessariamente o cálculo dos esforços atuantes – na face inferior das camadas asfálticas e no topo do solo de fundação – e dos esforços resistentes intrínsecos a cada um desses componentes.

Para a concretização dessas exigências, torna-se primeiramente imperioso o conhecimento – ou a determinação – do *módulo dinâmico* da camada asfáltica de reforço, a ser definido pelas condições de solicitação representativas impostas ao pavimento por uma carga móvel, rolante.

Essa requisição pode ser definida por meio de dois procedimentos básicos:

a. Ensaios laboratoriais dinâmicos realizados com a mistura asfáltica selecionada, os quais devem ser processados contemplando pelo menos 5 temperaturas de ensaio e uma série de frequências de solicitações, de forma que o domínio das experimentações – intervalo de frequências de solicitação de 0,1 - 1,0 e 25Hz (no mínimo) – permita a determinação das *isotérmicas mestras*; com formatos sigmoidais e estabelecidas com base na lei de equivalência frequência – temperatura.

As isotérmicas mestras são obtidas com o emprego de coeficientes de translação definidos pela Lei de Arrehnnius aplicados a resultados de ensaios normalmente conduzidos sob carregamentos dinâmicos (flexão na tração, consolas trapezoidais e mesmo ensaios de compressão uniaxial em corpos de prova de 100mm de diâmetro por 150mm de altura).

Por essa ótica de análise, é bom deixar claro que ensaios para determinação de módulos, realizados a uma frequência única – tipo *tração indireta por compressão diametral*, solicitados com frequência de aplicação de carga de 10 Hz – e a uma única temperatura (25ºC) não se apresentam qualificados para o emprego em dimensionamentos mecanísticos ou

b. O emprego de equações preditivas dos módulos dinâmicos, podendo-se citar notadamente a desenvolvida em conjunto pelo jubilado *professor Mathews Witczak* e pelo *coronel engenheiro Osvaldo Albuquerque Fonseca* – brasileiro ilustre, do Comando da Aeronáutica Brasileira e doutor pela University of Maryland, a qual foi recentemente aperfeiçoada pelo NCHRP com a análise complementar com outros milhares de resultados, obtidos da experimentação de misturas asfálticas de todas as naturezas – granulometrias, ligantes puros ou aditivados, teores volumétricos de

constituição, etc. –, procedimento depois traduzido por equações matemáticas (aproximações sucessivas e mínimos quadrados) em sistema log-log.

Os resultados das experimentações realizadas no âmbito do Programa SHRP, contemplando a análise de enorme quantidade de composições asfálticas, adicionados àqueles anteriormente existentes, permitiram a composição de um banco de dados de magnitude excepcional e um tratamento matemático-estatístico de altíssima consistência que propiciou a obtenção de uma equação preditiva de confiabilidade inconteste.

Considerando as abissais dificuldades para a realização de ensaios experimentais destinados à determinação dos módulos das misturas asfálticas para composição de reforços estruturais, a serem processados sob *diferentes condições de temperatura e a distintas frequências de solicitação* – para os quais são usados equipamentos caríssimos que demandam condicionamentos apropriados e manuseio especializado –, somadas às incertezas da semelhança entre as misturas compostas em laboratório e as misturas a serem produzidas no futuro, nos canteiros de obra, julga-se que a solução que melhor se apresenta consiste na aplicação da equação preditiva já citada, a seguir detalhada.

Para a materialização dessas proposições, no entanto, torna-se fundamentalmente necessário o conhecimento não só das características físicas e volumétricas de constituição da mistura asfáltica selecionada, mas também, de forma potencial, das características de viscosidade do ligante asfáltico eleito e da frequência de solicitação representativa das condições impostas por uma carga móvel que circula a uma determinada velocidade sobre o pavimento.

É importante deixar claro que esta grandeza última, além de ter de representar as solicitações impostas por uma roda em movimento, carece de conhecimento específico, pois depende da velocidade de translação do veículo e varia, de forma decrescente, com a profundidade, particularidade que naturalmente afeta os valores modulares das misturas asfálticas, os quais externam, decorrentemente, um gradiente de rigidez decrescente com a profundidade.

Também no que tange ao cálculo dos esforços atuantes na face inferior das camadas asfálticas e no topo do solo de fundação, é preciso definir previamente as condições de carregamento e os posicionamentos de solicitação máxima atentando para as influências relativas do par de rodas gêmeas que caracteriza um semieixo-padrão e também para as condições de solicitação impostas por cada roda individualmente e em conjunto; nessas avaliações, necessário se torna considerar o diâmetro e os distanciamentos das impressões de contato, as cargas por roda e as tensões de contato exercidas à superfície.

Quanto à definição dos esforços resistentes intrínsecos à mistura asfáltica selecionada e ao solo de fundação, sabe-se que o procedimento mais apropriado consiste também na execução de ensaios laboratoriais com o objetivo de definir as respectivas vidas de fadiga, estabelecidas em função da aplicação de cargas de diferentes magnitudes e do número de repetições para conduzir os materiais ao dano final.

Diante, entretanto, da falta de procedimentos de ensaios mais usuais e das incertezas de qualquer similitude entre as misturas ensaiadas em laboratório e as misturas a serem produzidas no canteiro de obra, julga-se que uma solução alternativa consiste na aplicação de equações preditivas consistentes e confiáveis, principalmente aquelas preconizadas por instituições de renome internacional, largamente aplicadas em todos os cantos do mundo.

Em suma, para esclarecer e elucidar todas essas questões, cruciais para processar dimensionamentos mecanísticos, apresentam-se a seguir as definições de carregamento impostas durante os ensaios de carga dinâmicos e suas analogias com as condições de carregamento impostas pelas cargas móveis que se deslocam à superfície de um pavimento a uma determinada velocidade, bem como as definições dos módulos dinâmicos de misturas asfálticas destinadas a compor o reforço estrutural e suas leis de comportamento à fadiga e à deformação permanente.

4.2.7.3.4.8.2. Determinação dos Módulos de Rigidez das Misturas Asfálticas

O conhecimento preciso do módulo de rigidez das misturas asfálticas constitui essência fundamental para a avaliação, diagnóstico e dimensionamento de pavimentos e também para a estimativa de seus desempenhos.

O processo ideal de determinação dos valores modulares consiste na realização de ensaios laboratoriais que empregam distintos métodos de ensaio, os quais recebem diferentes denominações consoante o tipo de carga aplicada: *Módulo Dinâmico* e *Módulo Resiliente,* que são determinados por carregamentos dinâmicos mas diferem pelas frequências de aplicação das cargas: no primeiro, as cargas são aplicadas de forma continuada em frequências distintas, variando de 0,1 a 25Hz, enquanto no segundo, consideram-se períodos de repouso (usualmente tempos de carga igual a 0.1s e de repouso igual a 0,9s).

Os métodos de ensaio mais tradicionais são os de rigidez flexural (tração na flexão considerando um ou mais pontos de carga e flexão de consolas trapezoidais) que possibilitam a determinação do Módulo Complexo (Dinâmico) e o de Tração Indireta por Compressão Diametral, que permite a determinação do Módulo Resiliente; cabe destacar sobre este último método o fato de ter sido ele concebido e desenvolvido pelo emérito *professor Lobo Carneiro*, conhecido na Europa como *Ensaio Brasileiro*.

Em face, entretanto, das dificuldades naturais de realização desses ensaios, que demandam equipamentos sofisticados e condições especiais de execução (calibrações, LVDT, extensômetros e temperatura), particularidades que se somam aos seus custos bastante elevados, vários organismos e entidades rodoviárias e universidades, mundialmente reconhecidos, se propuseram a estudar famílias de misturas asfálticas e, com base nos resultados obtidos, estabelecer correlações estatísticas para definição de tendências comportamentais; as pesquisas desenvolvidas resultaram do desenvolvimento de equações preditivas e em nomógrafos, dentre os quais podem ser destacados os de Saunier, Heukelom e Klomp, van der Poel, McLeod, Shell, Asphalt Institute, etc.

Dentre os principais centros de pesquisa/pesquisadores de soluções preditivas de valores modulares de misturas asfálticas, podem ser referenciados como de altíssimas qualificações científicas os seguintes:

- Procedimentos analíticos:
    - The Asphalt Institute
        - Mathews Witczak
    - Shell Technology Centre Amsterdam (KLSA)
        - C. van Der Poel
    - Centre de Recherches Routières
        - L. Francken
        - J. Verstraeten
    - Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
        - J. Saunier
- Procedimentos fundamentados no Cálculo das Isotérmicas Mestras:

- Laboratório Nacional de Engenharia Civil
  - P. Gontijo

os quais foram utilizados pela *Metodologia Paragon* durante a última vintena d'anos; no âmbito da seleção do valor representativo adotou-se, nos primórdios, o valor modular médio.

A partir de 1995, entretanto, passou-se a adotar, de forma sistemática, a equação preditiva desenvolvida em conjunto por professor *Mathews Witczak* e *coronel engenheiro Fonseca*, cujo modelo se apresentava superior aos demais, pois permitia a avaliação de módulo dinâmico para uma grande variedade de misturas/propriedades asfálticas, tendo em conta ainda os distintos graus de envelhecimento do ligante asfáltico em curto e longo prazo; os ensaios foram efetuados a f = 1 - 6 e 16Hz.

Devido à sua estrutura matemática (curva sigmoidal), o modelo permite ainda estimar o módulo da mistura sob condições extremas de temperatura (muito baixas ou bastante elevadas) por meio do emprego da equação apresentada a seguir:

$$logE = -0{,}261 + 0{,}008225.pen_{200} - 0{,}00000101.(pen_{200})^2 + 0{,}00196.pen_4 - 0{,}03157\,.V_v -$$

$$- 0{,}415.\frac{V_b}{(V_b + V_v)} + \frac{1{,}87 + 0{,}002808.p_4 + 0{,}0000404.p_{3/8} - 0{,}0001786.(p_{3/8})^2 + 0{,}0164.p_{3/4}}{1 + e^{(-0{,}716.log(f) - 0{,}7425.log(\eta))}}$$

em que:

E = Módulo dinâmico da mistura asfáltica (x10⁶psi);
η = Viscosidade do ligante asfáltico (x10^6 Poises) (qualquer temperatura ou grau de envelhecimento);
f = Frequência de aplicação da carga (Hz);
V_v = Volume total de vazios (%);
V_b = Teor volumétrico em betume (%);
$p_{3/4}$ = % acumulada retida na # 3/4 (19mm) em relação ao peso total de agregados;
$p_{3/8}$ = % acumulada retida na # 3/8 (9,5mm) em relação ao peso total de agregados;
p_4 = % acumulada retida na # 4 (4,76mm) em relação ao peso total de agregados;
p_{200} = % *passando* na peneira # 200 em relação ao peso total de agregados (acumulada).

Mais recentemente (2002), todavia, com as experimentações processadas no âmbito do Programa SHRP (Long Term Pavement Performance) e a proposta dos americanos de desenvolverem um Guia de Dimensionamento de Pavimentos e de seus Reforços Estruturais, os pesquisadores incorporaram à base de dados originais de Fonseca e Witczak uma enorme massa de dados, os quais foram devidamente tratados.

Os resultados obtidos permitiram o estabelecimento de uma nova equação preditiva dos módulos das misturas asfálticas; esses resultados constam do *NCHRP - Guide for the Design of New and Rehabilitated Pavement Structures – Development of a Revised Predictive Model for the Dynamic (Complex) Modulus of Asphalt Mixtures*.

A proposição de recalibrar a equação preditiva de Fonseca e Witczak se fundamentou no fato de que os princípios estatísticos clássicos não recomendam a extrapolação de qualquer modelo para além das variáveis contidas na população tratada; consideraram, assim, que a equação, embora embasada em um notável banco de dados composto de 1.430 amostras apreciando 149

misturas, só contemplava misturas que empregam cimentos asfálticos convencionais, particularidade que não a qualificava para o caso dos cimentos asfálticos modificados.

Complementarmente, consideraram ainda que o banco de dados original cobriu apenas uma faixa estreita de tipos de aglutinante e questionaram a geometria e o processo de compactação, por amassamento, empregado na confecção dos espécimes cilíndricos (4" de diâmetro por 8" de altura).

Assim, desenvolveram uma série de pesquisas complementares, também conduzidas pelo *professor Witczak*, que permitiram incorporar ao antigo banco de dados os resultados obtidos de ensaios realizados com frequências de 0,1 – 1,0 – 25Hz em cerca de 1.320 amostras contemplando 56 misturas asfálticas diferenciadas: 34 misturas constituídas com cimentos asfálticos modificados e 22 com asfaltos convencionais; para cada mistura, foram ensaiadas de 20 a 30 amostras, todas obtidas por compactação com prensa de cisalhamento giratório (espécimes com diâmetro de 7,0cm por 15,0cm de altura).

O novo banco de dados cobriu ainda uma gama muito maior de valores de viscosidades, determinadas para cada temperatura de ensaio (20 tipos de aglutinantes asfálticos e 5 temperaturas de ensaio) e foram consideradas 39 composições granulométricas distintas.

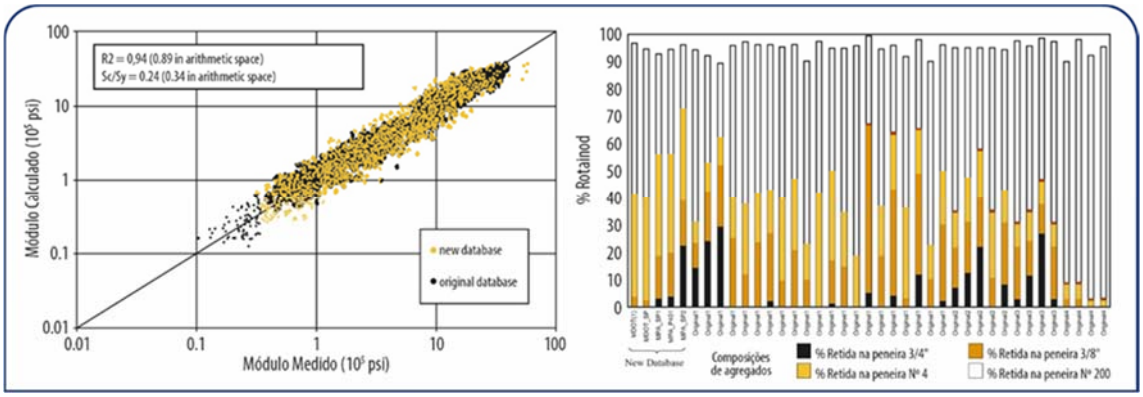


Figura 211 - Correlações entre os valores modulares de misturas asfálticas medidos e calculados pela equação preditiva e graduações granulométricas consideradas (Fonte NCHRP 1-37).

Dessa forma, tendo em conta que o modelo de fadiga resultante externou elevadíssima precisão (coeficiente de regressão R2 = 0,941, Se/Sy = 0,244) entre os valores medidos e calculados, julgou-se consistente passar a adotar a equação preditiva para determinação do módulo dinâmico de mistura asfáltica desenvolvida no âmbito do NCHRP, adoção alicerçada pela contemplação intrínseca de diferentes graus de envelhecimento, de distintas composições granulométricas – *desde misturas de areia-asfalto até misturas densas* – e de uma notável gama de *cimentos asfálticos modificados e convencionais*.

Afiançou ainda essa opção o fato de o modelo final não perder a precisão nem mesmo nas condições extremas de temperatura/frequência. Assim considerando, no âmbito da *Metodologia Paragon*, passou-se a adotar a equação preditiva apresentada a seguir para cálculo do módulo de rigidez de misturas asfálticas:

$$logE = -1{,}249937 + 0{,}029232.p_{200} - 0{,}001767.(p_{200})^2 - 0{,}002841.p_4 - 0{,}058097\,.V_v -$$

$$-0{,}802208\frac{V_b}{(V_b+V_v)}+\frac{3{,}871977-0{,}0021.p_4+0{,}003958.p_{3/8}-0{,}000017.(p_{3/8})^2+0{,}005470.p_{3/4}}{1+e^{(-0{,}603313-0{,}313351.\log(f)-0{,}393532.\log(\eta))}}$$

em que:

E = Módulo dinâmico da mistura asfáltica (x10^5.psi);
η = Viscosidade do ligante asfáltico (x10^6 Poises) (qualquer temperatura ou grau de envelhecimento);
f = Frequência de aplicação da carga (Hz);
V_v = Volume total de vazios na mistura (%);
Vb = Teor volumétrico de asfalto (%);
$p_{3/4}$ = % acumulada retida na # 3/4 (19mm) em relação ao peso total de agregados;
$p_{3/8}$ = % acumulada retida na # 3/8 (9,5mm) em relação ao peso total de agregados;
p_4 = % acumulada retida na # 4 (4,76mm) em relação ao peso total de agregados;
p_{200} = % *passando* na peneira # 200 (0,076mm) em relação ao peso total de agregados.

Em que pese as equações preditivas terem sido desenvolvidas por meio de resultados obtidos em ensaios de carga em laboratório e estendidas para uma ampla gama de frequências com base no cálculo das *Isotérmicas Mestras* – forma sigmoidal definida com base na lei de equivalência frequência *versus* temperatura –, a dificuldade maior para seu emprego consiste, seguramente, na *definição da frequência de solicitação das cargas aplicadas*.

No âmbito dos ensaios dinâmicos – que permitem a determinação dos módulos complexos –, processados por meio de carregamentos contínuos impostos por solicitações de variação senoidal, a frequência de aplicação das cargas (no domínio experimental) varia no intervalo disposto entre ***1 e 25Hz***.

Em contraposição, já nos ensaios para determinação dos módulos resilientes (tração indireta), a aplicação de cargas é processada por meio de "60 aplicações de carga/minuto", dividida em *tempos de carga iguais a 0,1s* – singularidade que traduz a uma frequência constante, definida pelo inverso do tempo de carga (f = 1/t), da ordem de *10Hz* – e um *tempo de repouso de 0,9s*.

A complementar, vale destacar que versões mais recentes que classificam esse carregamento repetitivo como aproximadamente "semissenoidal" constituem uma busca inócua dispensável para expressar, de forma matemática, a "memória viscosa" da qual é provida uma mistura asfáltica.

Além dos cuidados necessários na seleção das frequências de carregamento a serem empregadas nas equações preditivas, uma particularidade respeitável ainda se apresenta quando se tem em conta o cotejamento entre os tempos de aplicação de carga impostos em laboratório e aqueles realmente impostos a um pavimento por uma carga móvel, rolante, disposta sobre uma impressão de contato circular, com diâmetro da ordem dos 21,6cm:

- Nos laboratórios, os tempos de carga aplicados nos ensaios dos módulos dinâmicos são rápidos e senoidais – sem tempo de repouso –, e as frequências usualmente aplicadas são iguais a *0,1Hz (t_c = 10s) – 1Hz (t_c = 1s) e 25Hz (t_c = 0,04s)*, enquanto nos ensaios de tração indireta por compressão diametral (os mais usuais) o tempo de carga é constante t_c = *0.1s* –, ao qual corresponde a uma frequência *f = 10Hz* – seguido de um tempo de repouso igual a 0,9s.

- No pavimento, a frequência de solicitação imposta por uma carga móvel, rolante, é estabelecida em função da velocidade angular – ou da relação entre a velocidade escalar retilínea (V) e o raio do pneumático (R) – desenvolvida pela roda de um veículo carregado (no qual cada revolução mede 2πR) que se desloca a uma velocidade (V):

$$\boldsymbol{\omega\ (frequência\ angular) = \frac{V}{R}} \quad \textbf{e} \quad \boldsymbol{f\ (frequência\ normal) = \frac{\omega}{2\pi}}$$

$$\boldsymbol{f(frequência\ normal) = \frac{V}{2\pi r}}$$

Considerando, portanto, uma velocidade de translação de um caminhão carregado igual a ***80km/hora*** (22,22m/s) e o diâmetro médio dos pneus na ordem de 45 polegadas (114,3cm) – raio igual a 22,5 polegadas, ou seja, r = 0,5715m –, a frequência de repetição das cargas é igual a:

$$f = \frac{22{,}22\ m/s}{2\ x\ 3{,}14\ x\ 0{,}5715m} \quad \therefore \quad f = 6{,}19\ Hz$$

Como a frequência é o inverso do período (f = 1/t), o tempo de cada revolução – ou de repetição de carga de uma mesma geratriz – será igual a:

$$t_{\,c} = \frac{1}{f} = \frac{1}{6{,}19} \quad \therefore \quad f = 0{,}162\ s$$

ou de forma mais simples:

$$\omega = \frac{2.\pi}{t}\ em\ rad/s \quad ou \quad t = \frac{2.\pi}{\omega}\ em\ s$$

Sabendo-se que:

$$\mathrm{v} = \omega.r \ \rightarrow\ \mathrm{v} = 2.\pi.\mathrm{f}.\mathrm{r} \ \rightarrow\ \mathrm{v} = 2.\pi.(1/\mathrm{t}).\mathrm{r}$$

tem-se:

$$t_c = \frac{2\pi \mathrm{r}}{\mathrm{V}} = \frac{2\ x\ 3.1416\ x\ 0{,}5715\ m}{22{,}22\ m/s} \quad \therefore \quad t_c = 0{,}162\ s$$

Esse processo de *cálculo teórico* aplicado à velocidade angular refere-se todavia a uma geratriz específica da circunferência externa da roda em movimento que atua no pavimento (contato): o resultado expressa, portanto, o tempo que essa geratriz – "do pneu, sob carga" – processa uma revolução completa e solicita novamente o pavimento.

Em que pese, entretanto, as considerações sobre os tempos de carga, existe uma incoerência no caminho que merece atenção especial e reflexão plena: o tempo *real* de solicitação de um *elemento unitário disposto sobre a superfície* de um pavimento quando da passagem de uma carga móvel, rolante, corresponde ao tempo necessário para a impressão de contato do pneumático – circular, com diâmetro da ordem de 21,6cm – transladá-lo, ou seja, corresponde ao tempo que o elemento superficial, ao entrar na zona de influência da impressão de contato (em movimento), fica sobreposto até que seja ultrapassado.

Sob essas condições de carregamento, considerando a velocidade de um veículo pesado da ordem de 80km/h (22,22m/s), a integração numérica conduz a um tempo de submissão de um elemento superficial à carga aplicada $t_c = 0{,}01s$, calculado pela expressão elementar.

$$t_c = \frac{distância}{velocidade} = \frac{Ø_{impressão\ de\ contato}}{V} = 0{,}01s$$

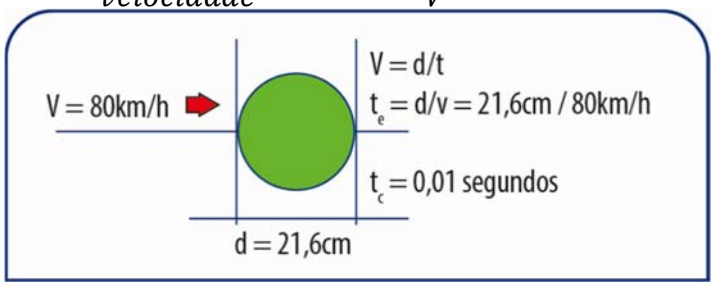


Figura 212 - Tempo de aplicação de carga real de um eixo-padrão sobre um pavimento

Outra forma de poder avaliar o real tempo de carga sofrido por um *elemento superficial* do pavimento *durante a translação de um veículo pesado* pode ser apreciada considerando o comprimento do diâmetro da impressão de contato (*Ø = 21,6cm*) distribuído sequencialmente ao longo da circunferência externa do pneu (*2p = 2πR*) e calcular o tempo de solicitação exercido por cada impressão de contato durante o seu percurso:



Figura 213 - Distribuição das impressões de contato impostas no pavimento por um veículo carregado

$$perímetro\ 2p = \ 2\pi R = 2\ x\ 3{,}1416\ x\ (22{,}50\ x\ 2{,}54) = 359{,}08\ cm$$

Número de impressões de contatos cabíveis no perímetro ilustrado na figura acima:

$$\frac{2p}{Ø_{impressão\ de\ contato}} = \frac{359{,}08}{21{,}6} = 16{,}62\ impressões$$

Como o tempo total de revolução do pneu é igual a:

$$t_c\ = \ 0{,}162\ s$$

o tempo de carregamento exercido durante cada impressão de contato será igual a:

$$t_{c\ (impressão\ de\ contato)} = \frac{0{,}162}{16{,}62} \quad \therefore \quad t_c = 0{,}01s$$

Mutatis mutandis, constata-se que o tempo de carga *real* exercido sobre um *elemento superficial* do pavimento *quando da passagem de um pneumático* carregado se deslocando a 80km/h, considerando ambos os procedimentos já descritos, é o mesmo e igual a $t_c = 0{,}01s$; tal valor permite inferir, em termos de *conceituação física, que a frequência de solicitação proporcionada por uma carga móvel, rolante, em um ponto superficial do pavimento, é da ordem de 100Hz*.

A título de informação complementar e comparativa, vale destacar, considerando os procedimentos já descritos, que a um tempo de aplicação de carga da ordem de *0,1s* corresponde a um caminhão carregado se deslocando à superfície com velocidade acerca de *7km/h*, valor que realmente não se coaduna com a realidade das operações rodoviárias.

À guisa de ajuizar as presentes determinações, vale destacar que as avaliações do sistema estratificado existente – pavimento - solo de fundação – quando processadas por meio do emprego do FWD, são determinadas por ensaios realizados à superfície com tempos de carga bastante similares, com o pico da carga ocorrendo a cerca de 12ms, ou seja, $t_c = 0{,}012$ *segundos* – tempo de aplicação da carga de 8ms a 12ms (4ms) e tempo de descarga de 12ms a 29ms (17ms); essas constatações constam das saídas típicas dos equipamentos FWD.

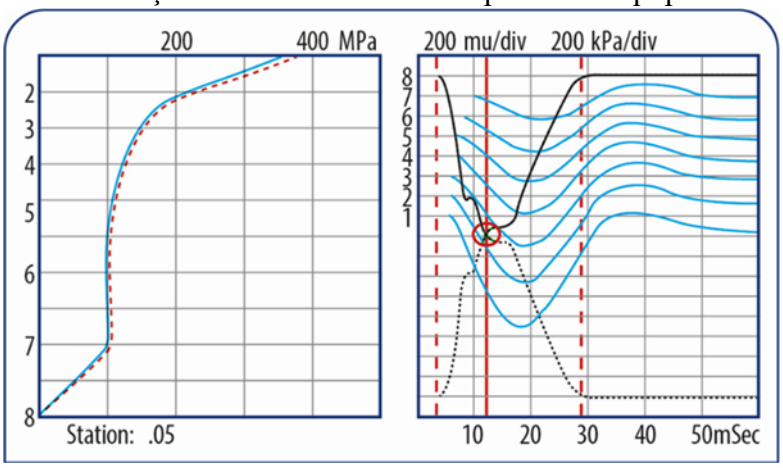


Figura 214 - Registro da magnitude e dos tempos de aplicação da carga e de propagação das ondas captadas pelos diferentes geofones

Em que pese o FWD gerar ondas localizadas e fixas numa determinada seção – o último geofone acusa a carga somente por volta dos 23ms, diciplinadas por uma frequência de solicitação imposta à superfície $f = 83Hz$, bastante aproximada daquela impingida por uma carga móvel, rolante ($f = 100Hz$).

Destaque-se complementarmente a notável manifestação do comportamento reológico da mistura asfáltica – material viscoelástico – traduzida pela diferença externada entre o tempo de aplicação da carga máxima (12ms) e o tempo de acusação da deformação máxima(18ms).

3.7.3.4.8.2.1. Determinação dos tempos de carga e das frequências de solicitação

Primeiramente, necessário se torna deixar claro que, em termos reológicos, o comportamento viscoelástico das misturas asfálticas depende mesmo, de forma fundamental, é do *tempo de*

aplicação de carga – a frequência constitui apenas um artifício conceitual –, o qual verdadeiramente rege suas tendências comportamentais: maiores tempos de carga realçam a componente viscosa e menores tempos de carga realçam a componente elástica.

A título de exemplificar essa assertiva e a importância do tempo de aplicação de carga, basta lembrar que a aplicação de uma única carga sobre uma mistura asfáltica por um período longo – carga estática (tempo de aplicação infinito e frequência nula) – provoca deformações permanentes importantes, simplesmente pelo realce de sua componente viscosa: a mistura asfáltica flui sob a carga.

À potencialização desse comportamento reológico das misturas asfálticas – material termossensível – soma-se a temperatura, grandeza física que também detém a propriedade de realçar a componente viscosa dos materiais asfálticos, tanto mais, quanto mais elevada; essa somestesia confere à *temperatura* uma influência tão fundamentalmente importante quanto o *tempo de carga* na avaliação de misturas asfálticas.

Desse modo, torna-se essencial, nos cálculos dos valores modulares das misturas asfálticas, ter-se sistematicamente em conta o par homólogo – indissociável – dos parâmetros que ditam seus comportamentos reológicos: o *tempo de carga e a temperatura*, os quais condicionam, de forma notável, a magnitude da rigidez.

Sobre esse particular, vale lembrar que embora os tempos de aplicação de carga para execução dos *ensaios laboratoriais* (determinação dos módulos) sejam bem precificados, não se constata, nos compêndios técnicos, a vinculação dos resultados obtidos com aqueles pertinentes aos tempos de carga realmente sofridos pelos elementos de um pavimento solicitado por cargas móveis e rolantes (processos de adequação e/ou correção).

Também não se constatam recomendações similares para o caso do emprego de equações previsionais para processar o cálculo do módulo de rigidez de misturas asfálticas, lembrando que esse parâmetro é imprescindível no dimensionamento de pavimentos, pois condiciona a magnitude dos esforços solicitantes nas camadas asfálticas.

3.7.3.4.8.2.2. Conceituações de “tempo de carga” e de “frequência de solicitação”

Para determinar o módulo dinâmico das camadas asfálticas no âmbito do sistema composto pelo pavimento - solo de fundação, torna-se fundamentalmente importante definir, com a devida acurácia, o tempo de aplicação que as cargas pesadas impõem ao pavimento, o qual inclusivamente varia, de forma crescente, com a profundidade; dado o fato de os esforços impostos por uma carga móvel rolante serem de natureza ondulatória – ondas senoidais – tem se empregado, com maior assiduidade, o conceito de frequência da solicitação, definido pelo inverso do tempo de carga (f=1/t).

Sobre o emprego da frequência de solicitação de uma carga, cabe primeiramente estabelecer uma distinção conceitual entre duas citações muito usuais na Engenharia de Pavimentos, as quais, bastante distintas, têm suas diferenciações pouco apuradas, dando margens a entendimentos por vezes confusos: *frequência de solicitação de uma carga* e *frequência de aplicação das cargas*.

A *frequência de solicitação de uma carga* corresponde à frequência de solicitação imposta ao pavimento, de forma cíclica, por *uma única carga móvel*, rolante, se deslocando em movimento retilíneo uniforme e que é estabelecida em função da velocidade angular – ou da relação entre a velocidade retilínea (V) e o raio do pneumático (r).

A *frequência de aplicação das cargas*, substancialmente distinta, é empregada para definir a frequência com a qual os veículos que compõem a frota usuária acontece, dependente do volume de tráfego e ocorrente de forma fortuita e contingente, não governada por qualquer tipo de regência matemática (sequências indisciplinadas de ocorrência); ocorre de forma aleatória ao longo do tempo, variando durante o ano, durante o dia e mesmo durante as horas e de estrada para estrada.

Dessa diferenciação depreende-se que a agressão imposta a uma camada asfáltica e ao restante do pavimento, para além da magnitude da carga, é função da velocidade de deslocamento de um veículo comercial, grandeza que responde pelo aumento da frequência de solicitação imposta ao pavimento pelas rodas, *independentemente do número de eixos e de suas composições com rodas simples ou duplas*; quanto maior a velocidade de translação, menor o tempo de aplicação da carga e maior a frequência de solicitação, variável que responde de forma incisiva no comportamento dos materiais viscoelásticos: tempos de carga elevados/frequências baixas respondem pelo realce da componente viscosa, que replicam na redução de sua rigidez (menores valores modulares).

As cargas aplicadas à superfície de um pavimento são transmitidas a partir de áreas de contato pneu–pavimento aproximadamente circulares e se distribuem, em profundidade, sob a forma de um *tronco de cone*, cujas geratrizes externam inclinações ditadas pelos estados de rigidez de cada camada constitutiva.

Assim, no âmbito de um pavimento típico, composto de camadas sobrepostas ao solo de fundação, as tensões produzidas à superfície se distribuem em profundidades com intensidades ditadas pelas características dos materiais, os quais ditam as inclinações das geratrizes do tronco de cone: mais espraiadas ou suaves quando da presença de materiais mais rígidos (concreto asfáltico) e mais severas ou acentuadas quando da presença de materiais menos rígidos (camadas granulares), conforme ilustrado de forma esquemática apresentada na sequência.

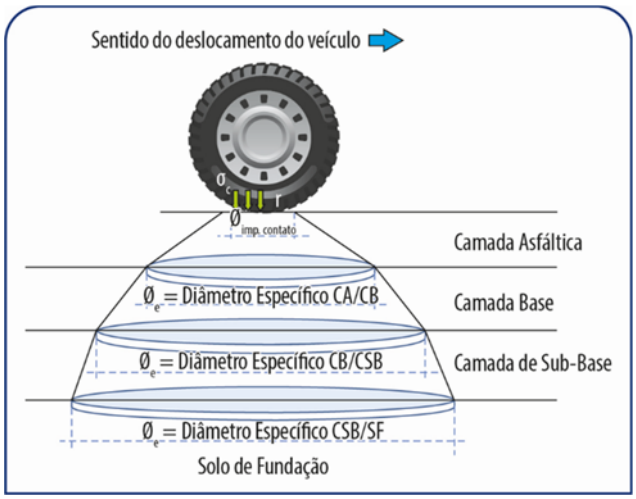


Figura 215 - Diâmetros específicos das áreas de carga na superfície e nas interfaces entre camadas

Sob tal conceituação, o tempo de submissão de um elemento interno do pavimento a uma carga rolante, distribuída à superfície sobre uma área circular, se estabelece por meio de sua interação com a carga – processo que se institui durante a aproximação, sobreposição e afastamento da carga móvel – distinção que depende da velocidade de deslocamento do veículo e da profundidade do ponto considerado; conforme já evidenciado, as áreas de distribuição das cargas com a profundidade são circulares, com diâmetros específicos variáveis e crescentes.

Assim, embora se considere a velocidade de translação constante, as tensões verticais induzidas à superfície se distribuem com a profundidade por meio de "troncos de cone" – atrelados ao aumento projecional definido por suas "saias" de distribuição –, particularidade que propicia a solicitação dos elementos dispostos a maiores profundidades ainda quando do processo de aproximação, acionados pela *geratriz de avanço* da "saia" de influência da carga que a acompanha durante o translado.

O tronco de cone das tensões se locomove conjuntamente com a carga e sua *geratriz de avanço* atinge o ponto em profundidade antes da sobreposição da carga e sob carga permanece, até que sua *geratriz de retaguarda* o ultrapasse. As áreas circulares em profundidade, externando diâmetros específicos, *sequencialmente maiores com a profundidade*, são definidas pelas isotensões.

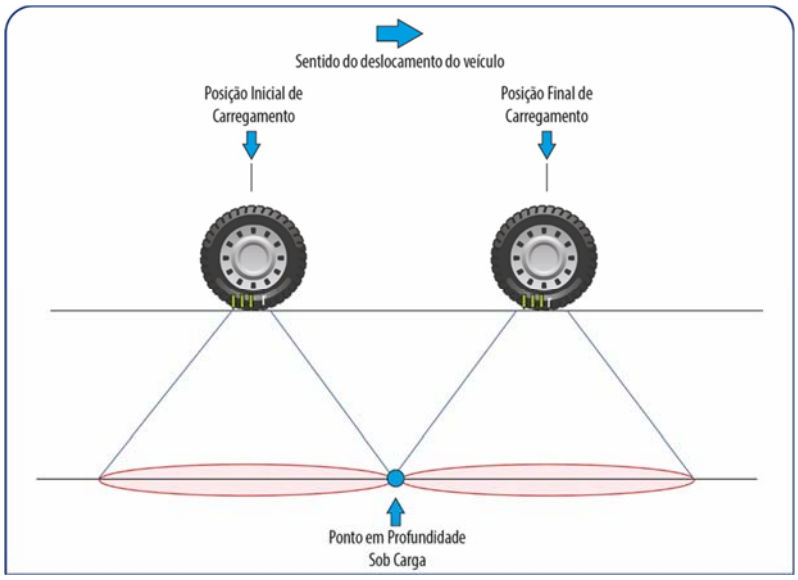


Figura 216 - Atuação da zona de influência das cargas e processo de solicitação de um ponto no interior do pavimento

Desta forma, considerando a velocidade de deslocamento de uma carga móvel à superfície, o tempo de solicitação de um elemento no interior do pavimento corresponde ao tempo necessário para que o *diâmetro específico* em profundidade o translade; o tempo de submissão à carga será, portanto, determinado por meio da relação elementar: t = d/V e, por conceituação física, seu inverso definirá a frequência de solicitação.

3.7.3.4.8.2.3. Conceituação de diâmetros específicos

A definição exata das distribuições de carga – dependente das rigidezes dos diferentes materiais – necessária à perfeita definição dos "diâmetros específicos" a diferentes profundidades do sistema, embora demande cálculo teórico complexo, calcado nos princípios básicos ditados pela Teoria da Elasticidade aplicada a sistemas estratificados, foi recentemente objeto de um programa de cálculo automático desenvolvido pela Strata Engenharia. Todavia, não se trata de uma ferramenta de fácil acesso e tampouco corriqueira, pois demandam equações matemáticas complexas para se arrolar as rigidezes às inclinações das distribuições de carga.

Assim considerando, julgou-se presentemente válido e interessante descrever o procedimento originalmente aplicado pela Strata Engenharia – antes do processo de automatização – que consiste na consideração de um artifício físico, empregado pela primeira vez pelo Corpo de Engenheiros do Exército Americano - *USACE* no cálculo dos coeficientes de equivalência de carga por eixo – que empregou o conceito de *espessura equivalente* estabelecido por *Sven Nils Odemark* (*Suécia*, 1899 - 1989); sua teoria para o dimensionamento de estruturas rodoviárias se fundamenta na transformação das espessuras das camadas de um pavimento em *espessuras equivalentes*, todas dotadas de módulo de rigidez igual ao solo de fundação (E_s).

Nessa metodologia, a espessura fictícia é calculada por uma compensação: para que uma camada superior mais rígida, com módulo superior, possa ser representada pelo solo de fundação, de menor rigidez, deve-se promover o aumento de sua espessura de forma a compensar a diferença modular. Os cálculos foram processados com o emprego das equações de *Joseph Valentin Boussinesq* (França – 1842-1929) e contemplaram, fundamentalmente, a linha de influência dos assentamentos reversíveis produzidos no pavimento quando da atuação das cargas do tráfego (deformações reversíveis e o raio de curvatura).

Assim procedendo, *Odemark* sentenciou que a equivalência entre camadas se estabelece – sem influenciar as tensões e deformações – desde que se verifique a seguinte identidade:

$$\frac{h_1^3 \,.\, E_1}{1 - \mu_1^2} = \frac{h_e^3 \,.\, E_2}{1 - \mu_2^2}$$

ou seja

$$h_{equivalente} = h_1 \, x \left\{ \sqrt[3]{\frac{E_1}{E_2} x \frac{1 - \mu_2^2}{1 - \mu_1^2}} \right\}$$

Em termos de aplicação desse critério de equivalência tem-se verificado a admissão usual de coeficientes de Poisson iguais para todas as camadas, prática que se alicerça no fato de as deformações relativas verticais e horizontais necessárias ao seu cálculo externarem graus de precisão reduzidos; sob tais condições tem-se o *coeficiente de equivalência estrutural*:

$$h_e = h_1 \, x \left\{ \sqrt[3]{\frac{E_1}{E_2}} \right\}$$

Essa equivalência permite transformar um sistema estratificado composto de camadas – exemplo: camadas de revestimento, de base e de sub-base – dotadas de módulos de elasticidade distintos, em um sistema constituído por uma camada única caso sejam elas convertidas em termos do solo de fundação, solução que recai no denominado *Sólido de Boussinesq* – maciço elástico, homogêneo, isótropo e semi-infinito –, para o qual passam a valer, em termos bastante aproximados, as simplificações das fenomenais hipóteses admitidas e calculadas por esse engenheiro formidável.

Desta forma, para poder fazer o cálculo das tensões atuantes a diversas profundidades, basta apenas transformar o sistema de três ou mais camadas em um *Sólido de Boussinesq*, ou seja, num maciço único, "composto" exclusivamente de solo de fundação, externando espessura equivalente total correspondente à soma das espessuras das camadas originais convertidas.

O maciço equivalente é composto de módulo de elasticidade correspondente ao do solo de fundação - $\boldsymbol{E_{SF}}$, sua espessura equivalente total é definida pela expressão a seguir, e as espessuras equivalentes para cada camada são ilustradas, de forma esquemática, a seguir:

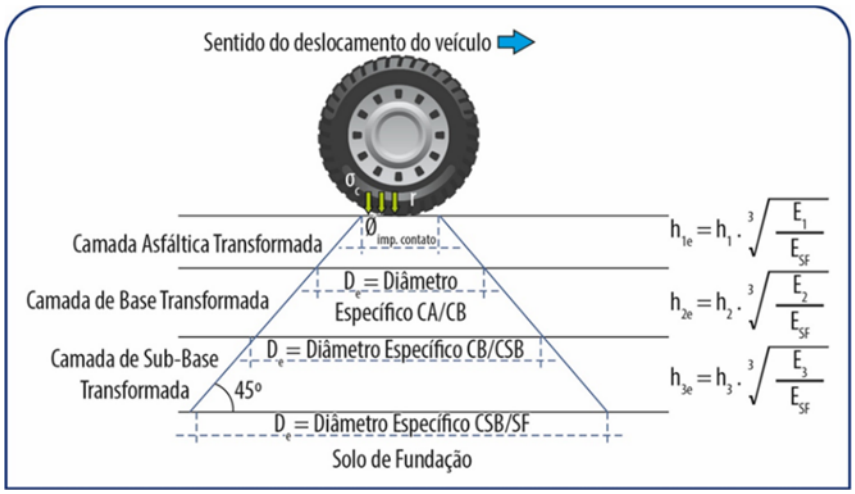


Figura 217 - Representação esquemática da espessura equivalente de um pavimento transformado em um "solido de Boussinesq" com módulo de elasticidade igual ao do solo de fundação

A vantagem dessa transformação consiste fundamentalmente na facilidade de poder estimar os valores das tensões impostas à superfície a quaisquer profundidades, haja vista que em um maciço de Boussinesq a distribuição de cargas ocorre por meio de *troncos de cone* com as geratrizes dispostas em ângulos aproximadamente iguais a 45º.

Assim, a cada profundidade corresponderá uma circunferência de distribuição de carga para a qual se pode estabelecer o nível tensiométrico a que estará submetida; paralelamente, conhecidos o seu diâmetro específico e a velocidade de percurso de um veículo pesado à superfície, pode-se calcular concomitantemente o tempo em que essa superfície circular considerada estará submetida à ação da carga móvel e, por conseguinte, à frequência de sua solicitação.

3.7.3.4.8.2.4. Cálculo da profundidade específica na seção transformada

Considerando, pois, a distribuição de carga disciplinada por inclinações de 45º, a profundidade na seção transformada pode ser calculada pela seguinte relação:

$$Z_{prof.} = \sum_{i=1}^{n-1} \left\{ h_i \cdot \sqrt[3]{\frac{E_i}{E_{SG}}} \right\} + h_n \cdot \sqrt[3]{\frac{E_n}{E_{SG}}} = \sum_{i=1}^{i=n-1} h_i \cdot \sqrt[3]{\frac{E_i}{E_{SG}}}$$

Como exemplos, para o cálculo da espessura na face inferior da camada asfáltica, basta tomar n = 1 e para o cálculo na metade da camada asfáltica n = 1/2; assim, tem-se respectivamente:

$$Z_{(prof=h_1)} = h_1 \cdot \sqrt[3]{\frac{E_1}{E_{SG}}}$$

e

$$Z_{(prof=h_1/2)} = \frac{h_1}{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{E_1}{E_{SG}}}$$

Ou para o cálculo da profundidade da seção correspondente a 2/3 da camada de sub-base do pavimento, tem-se a equação:

$$Z_{(prof=2h_3/3).} = \sum_{i=1}^{2} \left\{ h_i \cdot \sqrt[3]{\frac{E_i}{E_{SG}}} \right\} + \frac{2h_3}{3} \cdot \sqrt[3]{\frac{E_3}{E_{SG}}}$$

3.7.3.4.8.2.5. Cálculo dos diâmetros específicos na seção transformada

O diâmetro específico para uma determinada profundidade na seção transformada depende do diâmetro da impressão de contato e do número de eixos representativo da frota de veículos pesados atuante, e sua definição requer, naturalmente, um procedimento de cálculo adequado.

Na busca desse procedimento, julgou-se que a pedra angular poderia se respaldar no processo adotado pelo Corpo de Engenheiros dos EUA (USACE) para o cálculo da carga equivalente de um eixo simples (ESAL), caminho que, trilhado, demandou a admissão de algumas premissas básicas: que a *sobreposição completa* das cargas de eixos individuais ocorre a partir de profundidade igual ou maior que duas vezes a distância livre entre eixos de carga e que nas *profundidades intermediárias*, em que se verificam sobreposições de carga, estas são regidas por variações lineares em escala de log-log.

3.7.3.4.8.2.5.1.Cálculo dos diâmetros específicos sob a solicitação de um eixo simples

Conforme evidenciado anteriormente, na estrutura do pavimento transformada em um *Sólido de Boussinesq* – dotado de módulo de elasticidade igual a E_{SF} –, as tensões se distribuem segundo um tronco de cone com as geratrizes externas disciplinadas por ângulos de 45º. No caso de um eixo simples, em que não há nenhuma sobreposição, o diâmetro específico a qualquer profundidade é definido pela expressão apresentada a seguir.

$$\emptyset_{específico} = 2(r + Z_{Prof})$$

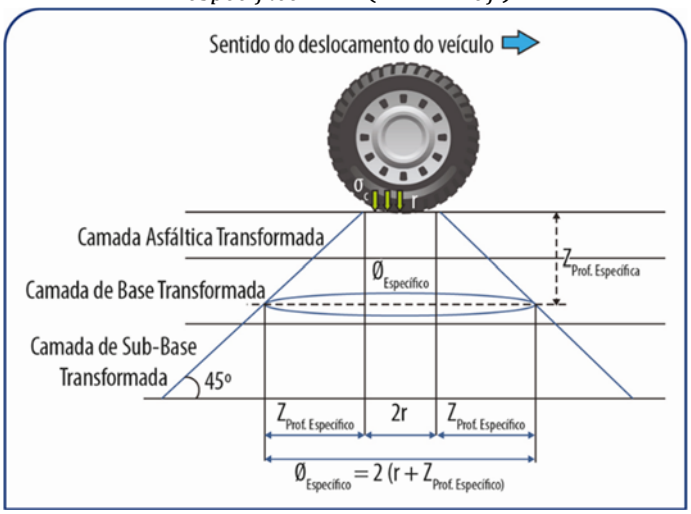


Figura 218 - Definição do Diâmetro específico sob a solicitação de um eixo simples

3.7.3.4.8.2.5.2. Cálculo dos diâmetros específicos sob a solicitação de um eixo “tandem” duplos

Embora bem definidas as grandezas para o caso das solicitações de um eixo simples, torna-se fundamentalmente importante estabelecer um processo para o cálculo dos diâmetros específicos considerando a configuração de um eixo “tandem” duplo.

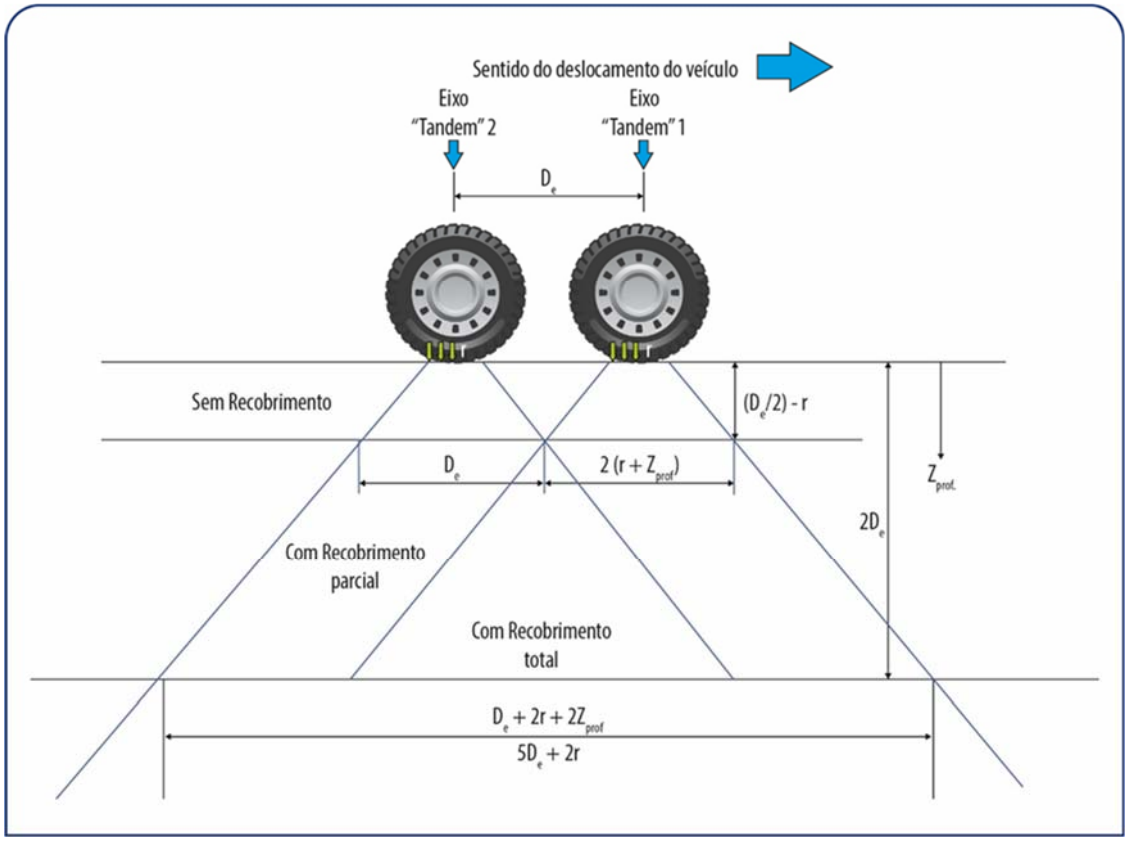


Figura 219 - Distribuição das cargas impostas por um eixo “tandem” duplo

Da análise da representação esquemática nota-se que dois “feixes” de distribuições de cargas se superpõem quando considerados os eixos de um “tandem” duplo e, até uma profundidade disposta abaixo da superfície igual a (D/2) – r, não se verificam sobreposições de cargas, particularidade que permite a definição, de forma simples e clara, de dois diâmetros específicos.

À medida, entretanto, que se consideram profundidades maiores, verificam-se sobreposições das zonas de influência das cargas – sobreposições parciais – e que, a partir de profundidades iguais ou maiores que duas vezes a distância livre entre os dois eixos “tandem” (***2D***$_e$), admite-se que se verificam sobreposições completas.

Dessa maneira, três composições distintas de carregamento se apresentam sob o carregamento de um eixo “tandem” duplo, quais sejam: profundidades em que não ocorrem sobreposições de carga, profundidades intermediárias nas quais se verificam sobreposições parciais e profundidades extremas, em que se verificam sobreposições completas:

- 1ª Composição: Sem sobreposição das distribuições de carga: $\boldsymbol{Z_{prof.} \leq \{(D_e/2) - r\}}$

Nesta condição não há sobreposição dos "troncos de cone" das distribuições de cargas dos eixos de um "tandem" duplo, condição que permite calcular os diâmetros específicos a cada profundidade de acordo com a seguinte expressão:

$$\emptyset_{específico} = 2(r + Z_{prof})$$

a qual evidencia uma particularidade interessante: à profundidade que define o início das sobreposições de carga corresponde um diâmetro específico igual à distância livre entre os eixos de um "tandem" duplo (D_e); no intervalo de profundidade compreendido entre a superfície - $Z_{prof.} = 0$ e a fronteira que demarca o início da sobreposição das distribuições de carga - $Z_{prof.} = \{(D_e/2) - r\}$ verificam-se sempre, para quaisquer profundidades consideradas, duas áreas distintas de carregamento.

- 2ª Composição: Sobreposição parcial das distribuições de carga: $\{(D_e/2) - r\} < Z_{prof.} < 2D_e$

Entre esses limites de profundidade: $\{(D_e/2) - r\}$ em que o diâmetro específico de cada impressão de contato é matematicamente igual a D_e, e $\underline{2D_e}$, em que o diâmetro específico é igual a $5D_e + 2r$, a distribuição das cargas de um eixo "tandem" duplo se sobrepõe, conforme ilustrado, na figura que se segue e os valores dos diâmetros específicos podem ser calculados por meio da equação linear apresentada a seguir, depurada graficamente em escala log-log:

$$log\ \emptyset_{específico} = a.log\ Z_{Prof.} + b$$

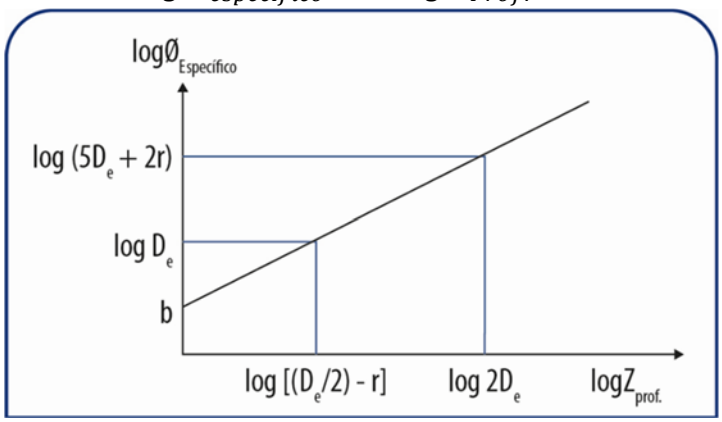


Figura 220 - Relação entre os diâmetros específicos e as profundidades no intervalo de profundidade $\{(D_e/2) - r\} < Z_{prof.} < 2D_e$

Esses parâmetros, considerando a relação linear em escala log-log são definidos como:

$$a = \frac{\log\ (5D_e + 2r) - \log D_e}{\log 2D_e - \log\{(D_e/2) - r\}}$$

$$b = \log D_e - a.\log\{(D_e/2) - r\}$$

em que a inclinação (a) e a interceptação (b) são funções do espaçamento tandem e do raio de contato para a configuração do eixo "tandem" duplo.

- 3ª Composição: Sobreposição total das distribuições de cargas: $Z_{prof.} \geq 2D_e$

Como anteriormente exposto, a sobreposição completa das distribuições de cargas individuais de um eixo "tandem" duplo ocorre a profundidades iguais ou maiores que $2D_e$, e o diâmetro específico a esta profundidade-limite é dado por:

$$\emptyset_{específico} = D_e + 2r + 2Z_{Prof.}$$

3.7.3.4.8.2.5.3.Cálculo dos diâmetros específicos para todas as composições de eixos "tandem" (duplos, triplos, quádruplos ou mais) – Equações generalizadas

As equações já citadas são relativas a uma configuração de eixo tandem duplo. Com base na mesma abordagem, uma *solução generalizada* pode ser estabelecida para se ter em conta os eixos "duplos", "triplos" ou quádruplos, ou mesmo outras composições de eixos "tandem"; uma representação esquemática e as equações generalizadas para as condições de carregamento genérico são apresentadas na ilustração a seguir.

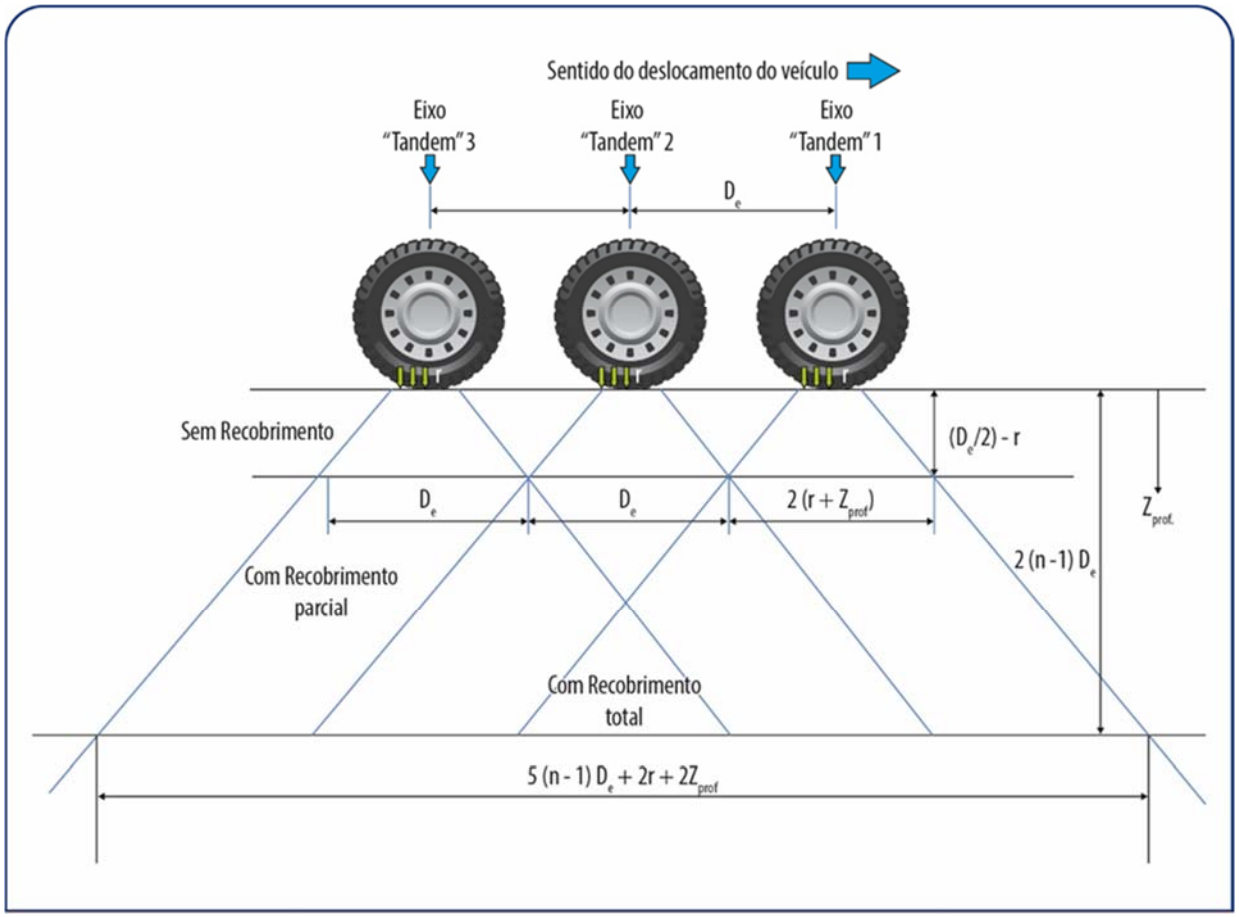


Figura 221 - Solução de solicitação generalizada para eixos "tandem" duplos, triplos, etc.

- 1ª Composição: Sem sobreposição das distribuições de carga: $\boldsymbol{Zprof.} \leq \boldsymbol{(De/2) - r}$

$$\emptyset_{específico} = 2(r + Z_{prof.})$$

Como no caso do eixo tandem duplo o número de diâmetros específicos é igual ao número de eixos (n), a mesma regra é aplicável para a condição dos eixos "tandem" triplos e quádruplos, ou seja, para o eixo "tridem" o número de diâmetros específicos deve ser multiplicado por três e, no caso de eixo quádruplo, multiplicado por quatro.

- 2ª Composição: Sobreposição parcial das distribuições de carga:

$$(\boldsymbol{De/2}) - \boldsymbol{r} < \boldsymbol{Zprof.} < \boldsymbol{2(n-1)\,De}$$

$$log\ \emptyset_{específico} = a.log\ Z_{Prof.} + b$$

em que:

a = Coeficiente angular da reta (inclinação);
b = Intersecção da reta com o eixo das ordenadas e
n = Número de eixos.

Esses parâmetros, considerando a generalidade traduzida pelo número de eixos e a linearidade na distribuição log-log, são definidos por:

$$a = \frac{log\ [5D_e(n-1) + 2r] - log\ D_e}{log\ 2D_e(n-1) - log\ \{(D_e/2) - r\}}$$

$$b = log\ D_e - a.log\ \{(D_e/2) - r\}$$

- 3ª Composição: Sobreposição total das distribuições de cargas: $Z_{prof.} \geq 2(n\text{-}1)D_e$

Como anteriormente exposto, a sobreposição completa das distribuições de cargas individuais ocorre a uma profundidade igual ou maior que $2D_e$, e o diâmetro específico a esta profundidade-limite é único e dado por:

$$\emptyset_{específico} = (n-1)D_e + 2r + 2Z_{Prof.}$$

3.7.3.4.8.2.5.4.Diâmetros Específicos e Frequências de Solicitação Representativos dos Veículos Pesados Brasileiros

A análise se concentrou na busca de um procedimento que permitisse o cálculo dos *tempos de aplicação de carga* – e, por conseguinte, das *frequências de solicitação* – a que ficarão submetidas as camadas de um pavimento quando da passagem de uma carga móvel, rolante, circulando com determinada velocidade, objetivo norteado principalmente pela necessidade de definição dos *módulos de rigidez de misturas asfálticas*; alternativamente, poderão ser ainda determinados os *fatores multiplicadores de tráfego - f_c* a se ter em conta nos dimensionamentos dos pavimentos.

Essa definição carrega consigo um questionamento da maior importância quando da aplicação dos métodos mecanísticos: qual é realmente a frequência de solicitação imposta por uma carga a ser considerada no cálculo do módulo dinâmico de uma camada de desgaste de um pavimento?

No âmbito dos dimensionamentos brasileiros tem constituído uma sistemática usual a adoção de uma frequência de carga igual a $f = 10\ Hz$, prática advinda, muito provavelmente, da identificação com as condições de carregamento impostas no ensaio de tração indireta para determinação experimental de valores modulares, sempre processados com tempos de carga de $t_c = 0{,}1s$, ao qual corresponde uma frequência $f = 10\ Hz$; este valor adotado, tradutor de uma velocidade de deslocamento de um caminhão carregado da ordem de *7,8km/h* – não se coaduna com a realidade das operações rodoviárias, apresentando-se seguramente pouco representativo ou adequado.

Desta forma, tendo em conta a necessidade de uma definição mais específica e coerente, ajuizou-se, no âmbito da *Metodologia Paragon*, que o tempo de carga a ser adotado no cálculo dos módulos das misturas asfálticas deve ser ditado pelas reais condições de solicitação exercidas num pavimento, dependente do tráfego atuante (velocidade de circulação, distâncias

entre eixos e impressão de contato pneu–pavimento), da natureza dos materiais constituintes de cada camada constitutiva e do posicionamento do ponto considerado em termos de profundidade.

A adoção dessa sistemática de avaliação faculta o emprego correto de equações preditivas de valores modulares e proporciona, inclusivamente, o desenvolvimento de procedimentos para ajustes dos valores modulares obtidos nos ensaios laboratoriais realizados a frequências de solicitação única, a fim de torná-los adequados ao dimensionamento dos pavimentos; permite também a definição da frequência de solicitação a ser empregada em gráficos de curvas-mestras, de formato sigmoide, passíveis de estabelecimento quando do emprego de ensaios dinâmicos realizados sob diferentes temperaturas e frequências de solicitação.

Assim considerando, desenvolveu-se um procedimento específico, a ser demonstrado, para determinar o tempo de carga a que se submetem os elementos internos de qualquer camada constitutiva do pavimento – situados a distintas profundidades –, tendo-se dedicado um carinho especial às camadas constituídas com misturas asfálticas, haja vista externarem comportamentos reológicos complexos – materiais viscoelásticos e termossensíveis – extremamente suscetíveis aos tempos de aplicação de carga e à temperatura.

Nesse procedimento, evidenciou-se que quanto maior a profundidade de um elemento interno do pavimento, tanto maior o tempo a que será submetido a uma carga transeunte – e tanto menor a frequência de solicitação –, particularidade a ser tida em conta na determinação do módulo dinâmico da camada asfáltica.

As equações de definição foram, portanto, aplicadas, tendo-se considerado valores médios representativos dos veículos que compõem a frota comercial de veículos pesados: adotou-se como distância livre entre eixos representativa $D_e = 120cm$ – valor mais agressivo – e raio da impressão de contato igual a $r = 10,8cm$, valores que permitiram a determinação das variações para as diferentes configurações de eixos “tandem”: duplos, triplos e quádruplos.

Complementarmente, considerando a velocidade de deslocamento dos veículos comerciais V = 80km/h e os valores dos diâmetros específicos calculados sob diferentes profundidades, foram calculados os respectivos tempos a que ficarão submetidos à carga móvel e, pela aplicação de conceituação física, calcularam-se as respectivas frequências de aplicação das cargas.

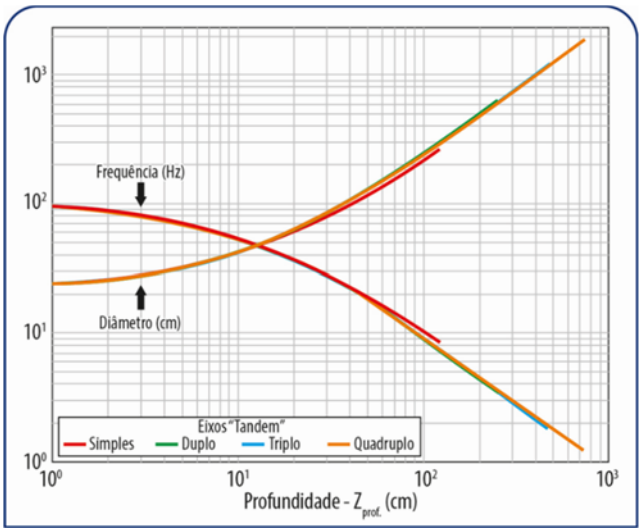


Figura 222 - Relação entre os diâmetros específicos, as frequências de solicitação e a profundidade ($Z_{prof.}$) para todas as configurações de eixo

Conforme se pode depreender da representação gráfica apresentada, as dimensões do diâmetro específico e sua vinculação com a profundidade são praticamente independentes das composições de eixo existentes quando adotada a escala log-log.

Na verdade, o crescimento é linear apenas nas duas regiões extremas, onde não existe superposição de carregamentos e a superposição é plena; entre essas duas regiões, em que há superposição parcial de cargas, o diâmetro específico segue uma lei de potência que, quando transferida para escala logarítmica, se retifica (torna-se uma reta), ao passo que o comportamento nas duas regiões extremas, que antes era linear, se torna exponencial. Essa particularidade constitui uma constatação importante, uma vez que a *relação pode ser generalizada para todas as composições de eixos*.

Ainda da análise gráfica depreende-se que a *frequência de solicitação independe da configuração do eixo e diminui com a profundidade*, pois, à medida que a profundidade aumenta, o diâmetro específico aumenta, o tempo de aplicação de carga aumenta e a *frequência diminui*.

3.7.3.4.8.2.5.5.Definição das Características de Carregamento e dos Pontos de Solicitação

Para processar o cálculo dos esforços sobre o sistema, considerando uma sequência crescente de espessuras de reforço, faz-se necessário definir inicialmente as *condições de carregamento*, as quais devem ser o mais similar possível daquelas exercidas pelos veículos comerciais que atuam sobre o sistema composto do conjunto pavimento - solo de fundação.

Em uma etapa anterior – item 2.3.1 Ensaios com carga dinâmica – verificou-se que um caminhão dotado de um eixo simples (2 pares de rodas gêmeas) carregado com 8,2 toneladas (18 kips) seria representativo das condições de solicitação impostas pela frota de veículos pesados brasileira; sob tais condições, definiu-se também que cada uma das rodas gêmeas distribuía os seus 2.050kgf sobre impressões circulares com raios da ordem de 10,8cm, distanciadas entre si (bordo a bordo) por extensões da ordem de 10,4cm, exercendo pressões de contato iguais a 5,6kgf/cm².

Nessa consideração específica, verifica-se primeiramente que as condições de solicitação de campo são substancialmente distintas daquelas impostas pelo FWD – aplicação de carga única –, a partir da qual foram medidas as linhas de influência experimentais e determinados os módulos de elasticidade das camadas e do solo de fundação existentes.

Sob essas circunstâncias, tendo-se em conta os procedimentos até então adotados, o mais "coerente" seria dar continuidade ao processo de cálculo dos esforços atuantes nas camadas (tensões horizontais de tração) e no solo de fundação (verticais de compressão) considerando um carregamento externo como processado por uma carga circular única, capaz de exercer uma pressão de contato σ_c = 5,6kgf/cm² no pavimento; essa proposição seria coerente com o raciocínio conceptivo original.

A título de ilustrar esse condicionamento teórico, exibe-se a seguir, na figura que se segue, a representação esquemática da solicitação de uma carga única – na qual a "bacia de deformação" se desenha de forma plena, sem interferências – que será a responsável pela indução dos já citados esforços no sistema estratificado a ser avaliado; os esforços atuantes máximos ocorrerão sistematicamente sob o eixo de aplicação da carga (Posição I):

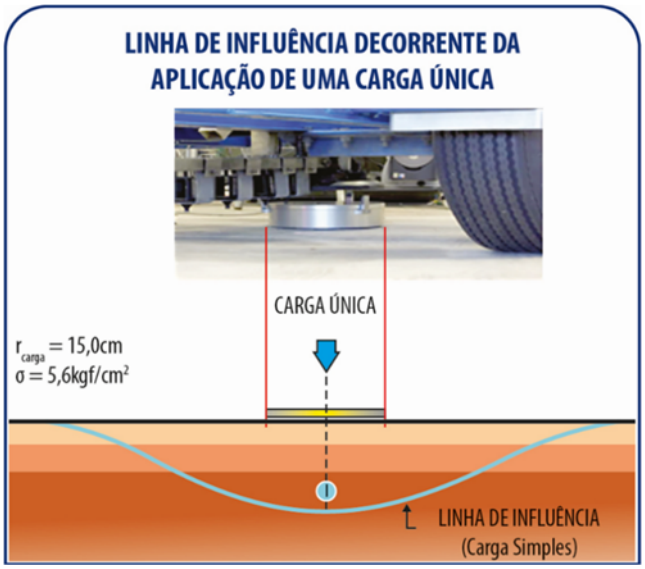


Figura 223 - Linha de Influência de uma carga única

Entretanto, embora julgando respeitável a presente proposição, seria extremamente interessante considerar, no dimensionamento de um reforço estrutural, as condições de solicitação mais próximas da realidade, tradutoras mais fidedignas da severidade e/ou agressividade das cargas impostas ao pavimento: a solicitação por cargas duplas, cuja integração processa-se por *sobreposição de efeitos*, responde por condições de carregamento diferenciadas, mais específicas e seguramente mais severas; a título ilustrativo, apresenta-se a seguir, na imagem abaixo, uma representação esquemática do efeito produzido por um par de rodas gêmeas, na qual se exibem as interferências das cargas:

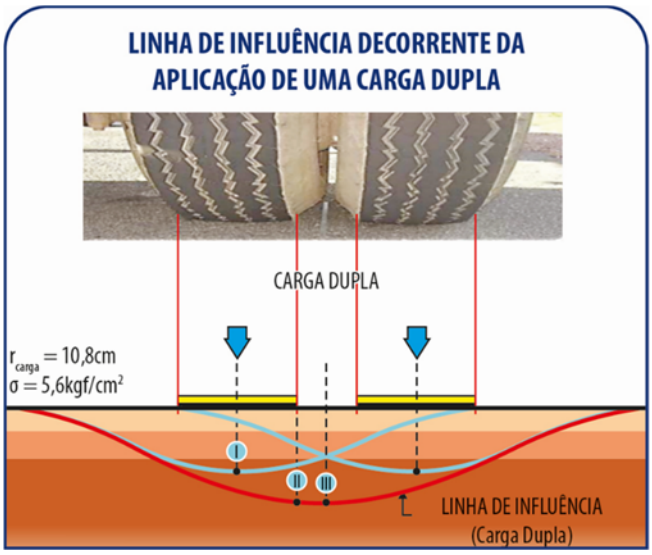


Figura 224 - Linha de influência obtida por uma carga dupla (sobreposição de efeitos)

Da observação dessa representação esquemática de carregamento com rodas gêmeas pode-se observar que se verificam três posições nas quais os esforços impingidos ao sistema pavimento - solo de fundação são distintos:

- na Posição I, a linha de influência decorrente de cada carga individualmente externa a forma de abóbada côncava mais acentuada – menos distribuída –, a qual responderá, seguramente, pelo desenvolvimento de esforços de tração horizontal (fadiga) mais acentuados sob os centros de aplicação de carga; agrava um pouco mais essa situação o fato de ainda incorporar alguma "contribuição somativa" de parcela correspondente à outra carga.
- na Posição III, disposta a meia distância entre os centros de aplicação das cargas, a linha de influência decorrente é a resultante da sobreposição integral dos efeitos da aplicação de cargas duplas, condição que propiciará o desenvolvimento dos esforços de compressão vertical (deformação permanente) mais acentuados em toda a zona de influência das cargas duplas, seguramente superiores àqueles verificados nas Posições I e II.
- na Posição II, as magnitudes de ambos os esforços serão medianas – relativamente aos esforços verificados nas Posições I e III –, podendo ser agravadas no caso de aplicações de carga com pneumáticos com baixas pressões de enchimento: seus flancos laterais, que externam graus de rigidez consideráveis, podem puncionar o pavimento e potencializar os esforços impingidos, nomeadamente à superfície.

As representações esquemáticas das linhas de influência dos assentamentos reversíveis proporcionadas por ambas as condições de carregamento são ilustradas a seguir, de forma conjugada:

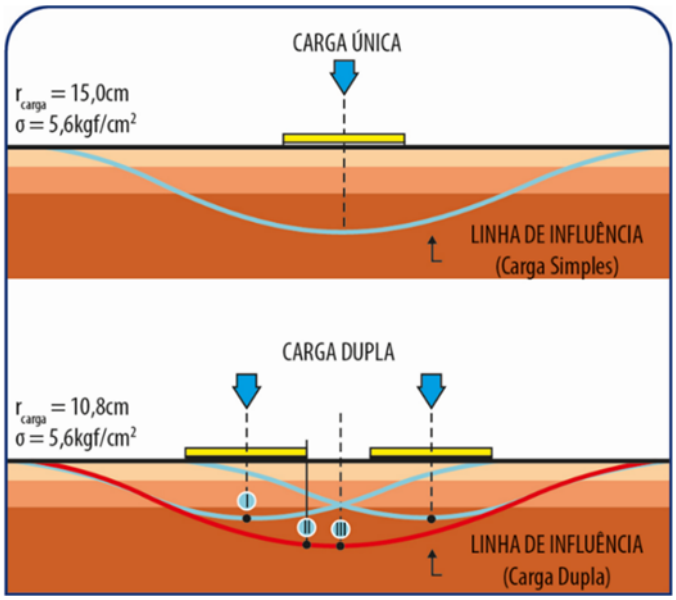


Figura 225 - Cotejamento entre as linhas de influência obtidas pela aplicação de cargas simples e duplas.

Assim, considera-se, no âmbito da *Metodologia Paragon*, que o estado tensional imposto deve ser avaliado pelo cálculo dos esforços máximos que atuam em um sistema estratificado formado pelo pavimento - solo de fundação, tendo em conta o carregamento imposto por um conjunto de cargas duplas (rodas gêmeas).

Esses esforços deverão ser também avaliados nas verticais correspondentes ao *centro de aplicação das cargas* e a *meia distância entre suas aplicações*, proposições que facultam uma apreciação mais realística das respectivas magnitudes e severidades.

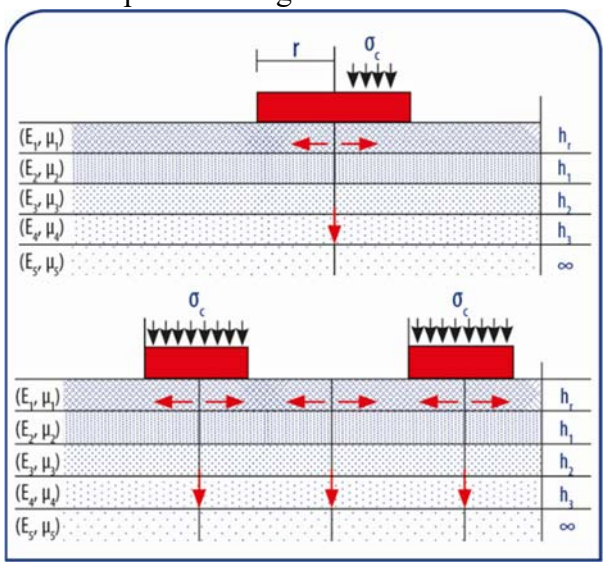


Figura 226 - Identificação dos posicionamentos para cálculo dos esforços atuantes.

No âmbito dessa proposição, procurou-se ter em conta as avaliações processadas anteriormente sobre as principais características de carregamento de um veículo representativo da frota comercial brasileira que permitiram as definições das cargas, por eixo e por roda, das áreas de contato, da distância entre os flancos dos pneus, da pressão de contato e da distância entre os centros de aplicação das cargas, parâmetros indicados nas figuras abaixo, apresentadas a seguir.

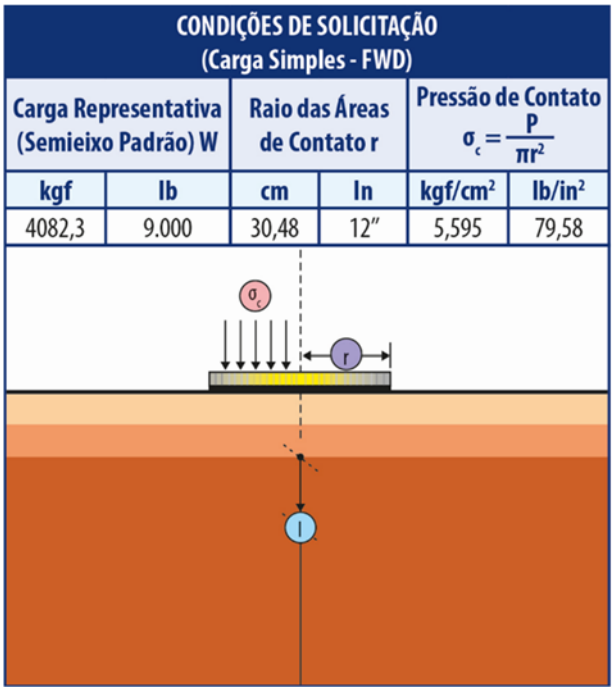


Figura 227 - Posicionamento geométrico de uma carga única (FWD) e vertical dos pontos de análise.

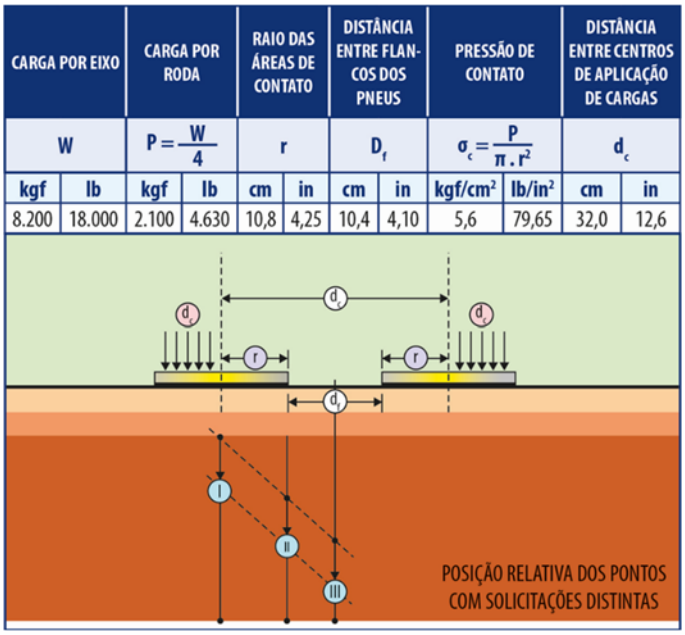
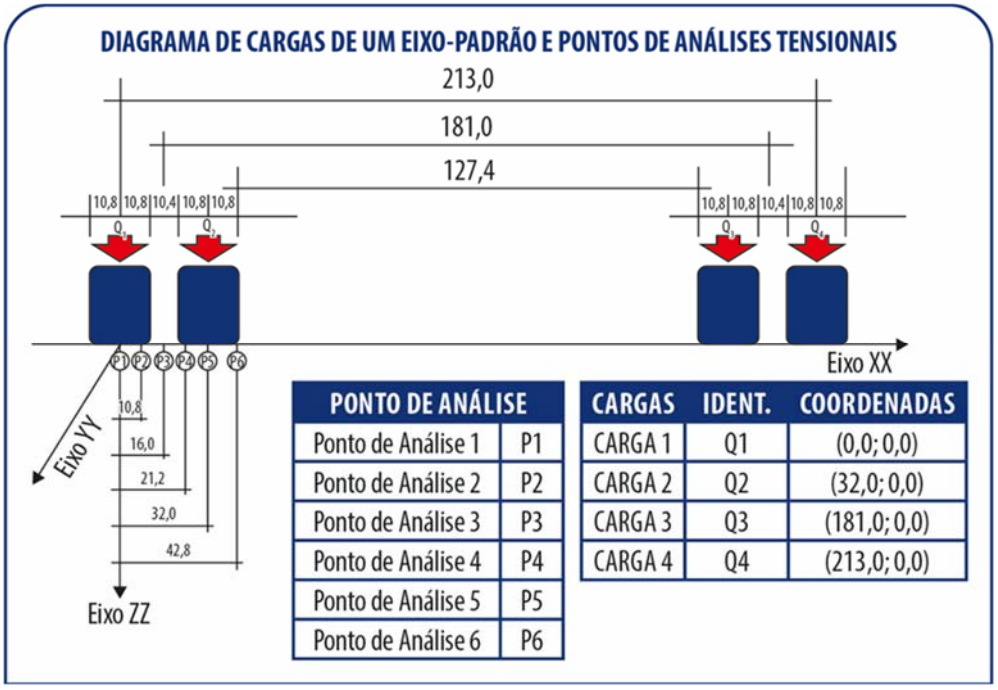


Figura 228 - Posicionamento geométrico de cargas gêmeas de um veículo pesado e das verticais de análise considerados pela METODOLOGIA PARAGON.

Complementarmente, ainda na busca de uma aproximação maior com as condições de carregamento impostas pelos veículos pesados ao pavimento, a presente proposição

metodológica julgou importante considerar as disposições relativas das cargas de um eixo rodoviário padrão, exigência que demandou a definição dos posicionamentos geométricos das 4 rodas componentes de um eixo simples de rodas gêmeas, estabelecidos por meio de estudos anteriormente realizados com base nas características fornecidas por fabricantes de veículos pesados.



PONTO DE ANÁLISE	
Ponto de Análise 1	P1
Ponto de Análise 2	P2
Ponto de Análise 3	P3
Ponto de Análise 4	P4
Ponto de Análise 5	P5
Ponto de Análise 6	P6

CARGAS	IDENT.	COORDENADAS
CARGA 1	Q1	(0,0; 0,0)
CARGA 2	Q2	(32,0; 0,0)
CARGA 3	Q3	(181,0; 0,0)
CARGA 4	Q4	(213,0; 0,0)

Figura 229 - Diagrama das cargas do eixo traseiro de um veículo comercial e pontos que externam condições de solicitação diferenciadas e específicas.

Enfim, julgando importante que os esforços a serem impingidos à estrutura sejam calculados à imagem e semelhança das condições de carga impostas por um veículo comercial padrão, desenvolveu-se um programa para calcular os esforços desenvolvidos em qualquer ponto do sistema composto do sistema pavimento - solo de fundação com base na aplicação simultânea de até 10 cargas.

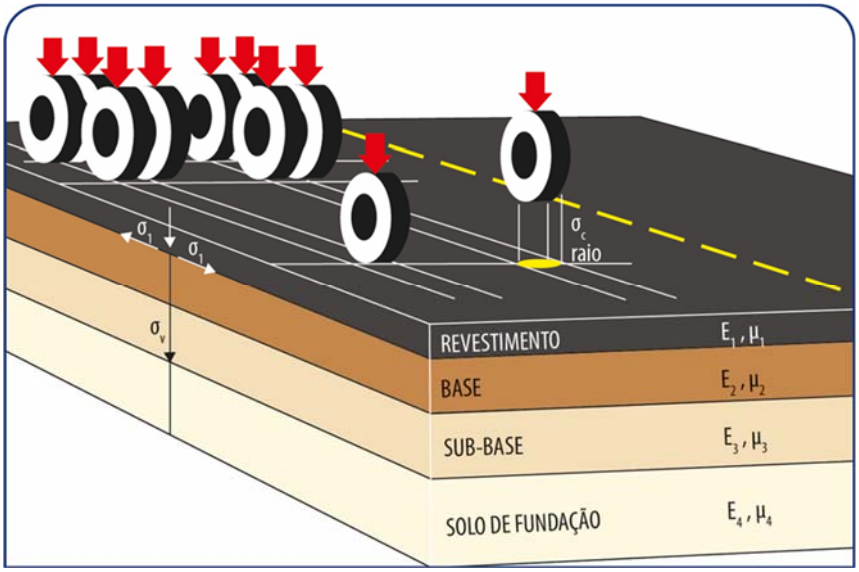


Figura 230 - Representação esquemática das cargas comportadas pelo programa

Finalmente, no âmbito do protocolo metodológico, necessário se faz cotejar as duas soluções corretivas propostas, de forma individualizada, para recuperação de pavimentos rodoviários:

a. a primeira, uma *solução conceptiva* que se fundamenta na avaliação dos estados de sanidade externados pelo pavimento e na definição de seus diagnósticos, define *a natureza, os níveis de incisão e o tipo ou conjunto de tipos das intervenções corretivas* requeridas, sem se adentrar nas magnitudes e

b. a segunda, uma *solução estrutural* que se apoia na determinação das grandezas fundamentais do pavimento - solo de fundação, estabelece a *magnitude das camadas de aporte estrutural* demandadas para garantir o desempenho do sistema em face das cargas que lhe serão impingidas durante sua prestação de serviços futura.

Neste caso último, trata-se, entretanto, de uma definição puramente analítica que não contempla os estados de sanidade externados pelo pavimento, pois parte do pressuposto de que as grandezas ofertadas aos métodos de cálculo são, em suas essências, tradutoras das qualificações da estrutura vigente; as carências são avaliadas em termos de aporte estrutural – por sobreposição de camadas – quando o sistema pavimento - solo de fundação evidencia alguma fragilidade para suportar as cargas futuras.

Destarte, tendo em conta que as duas proposições de solução se referem a um pavimento normalmente antigo e degradado, julga-se que a *proposição de intervenção prevalente* deve ser naturalmente a conceptiva – mais abrangente e alicerçada por um espectro envoltório mais completo do pavimento – em detrimento da "cegueira analítica" peculiar ao cálculo estrutural.

As intervenções corretivas concebidas com base nos estados de sanidade externados pelo pavimento devem ditar a diretriz dos cálculos a efetuar, podendo-se citar, como exemplo, a concepção de soluções corretivas que demandam *intervenções em profundidade* – remoção do revestimento existente e/ou da camada de base e suas reconfecções –, exigência que estabelece uma vertente de dimensionamento diferente: por darem origem a uma estruturação nova, devem ser dimensionadas sob a ótica de uma *Reconstrução*.

Desse modo, considera-se que um adequado diagnóstico funcional induz o projetista, de forma magnânima, à sua qualificação maior: *a arte de conceber, de criar, de engendrar* a solução corretiva requerida pelo pavimento existente, antes de simplesmente processar o dimensionamento de seu reforço estrutural.

4.2.8. DIMENSIONAMENTO DO REFORÇO ESTRUTURAL – RESULTADOS OBTIDOS

4.2.8.2. Método DNER-PRO 11/79

A aplicação do Método DNER-PRO 11/79 iniciou-se a partir da identificação dos segmentos em que o pavimento evidencia comportamentos homogêneos, ou seja, distintos daqueles externados pelos segmentos dispostos anterior e posteriormente. Nesse trabalho de identificação levou-se em consideração a análise simultânea dos principais parâmetros que caracterizam o comportamento funcional dos pavimentos, traduzidos pelas configurações das poligonais representativas das variações das deflexões reversíveis máximas, dos raios de curvatura, dos índices de irregularidades longitudinal (IRI) e transversal (flechas nas trilhas de roda - $F_{máx.}$), associadas às identificações correlatas das patologias levantadas através do inventário da superfície, das estruturas vigentes no pavimento existente, além das variações do tráfego usuário, representado pelo número N. Os "diagramas de amplitude" das poligonais retrocitadas foram considerados inicialmente de forma individualizada e em seguida analisados conjuntamente - consideração simultânea dos distintos diagramas de amplitude - a fim de se poder definir segmentações individualizadas, capazes de traduzir segmentos homogêneos que apresentassem características distintas daquelas externadas pelos segmentos anterior e posterior.

A etapa seguinte consistiu em se processar o cálculo do ***Índice de Gravidade Global – IGG*** característico de cada segmento homogêneo definido, o qual foi processado através das quantificações absoluta e relativa dos defeitos externados à sua superfície, sendo que esta última determinação, quando afetada dos "fatores de severidade" permitiu definir o Índice de Gravidade Individual - IGI relativo a cada manifestação de ruína considerada (em número de 8); a soma de todos os IGI detectados e calculados, permitiu a definição do Índice de Gravidade Global – IGG de acordo com a Norma DNIT 006/2003 – PRO – Avaliação objetiva da superfície dos pavimentos flexíveis e semi-rígidos.

Seguidamente, processou-se a análise dos intervalos de aceitação dos valores individuais das deflexões definidos em função do desvio-padrão externado pela população de cada segmento homogêneo, denominados limites, superior (LS) e inferior (LI). A deflexão característica obtida para cada segmento homogêneo, afetada por um fator de correção sazonal, deu origem à denominada ***deflexão de projeto - D_p*** e, com base no número de aplicações de cargas equivalentes ao eixo-padrão, calculou-se a ***deflexão admissível - log D_{adm} = 3,01 – 0,176 log N***; o raio de curvatura da bacia de deformação foi determinado a partir da expressão $R = 10x^2 / 2(D_o – D_x)$.

Dispondo-se dos valores das deflexões de projeto e admissível, dos raios de curvatura e dos IGG por segmento homogêneo foram definidas as condições de dimensionamento preconizadas pelo ***PRO 11/79***:

CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO ESTRUTURAL					
Hipótese	Dados Deflectométricos	Qualidade Estrutural	Necessidade de Estudos Complementares	Critério para Calculo do Reforço	Medidas corretiva
I	Dp ≤ Dadm R ≥ 100	BOA	NÃO	-	Apenas correção de Superficie
II	Dp > Dadm R ≥ 100	Se Dp ≤ 3 Dadm REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Reforço
		Se Dp > 3 Dadm MÁ	SIM	Deflectométrico e Resistência	Reforço ou Reconstrução
III	Dp ≤ Dadm R < 100	REGULAR PARA MÁ	SIM	Deflectométrico e Resistência	Reforço ou Reconstrução
IV	Dp > Dadm R < 100	MÁ	SIM	Resistência	Reforço ou Reconstrução
V	-	MÁ (IGG > 180)	SIM	Resistência	Reconstrução

Figura 231 – Critérios para avaliação estrutural

Finalmente, com base nos parâmetros de comportamento calculados, definiu-se o critério de dimensionamento a ser empregado, se pelo deflectométrico ou resistência, ou por ambos. Caso o critério de dimensionamento seja fundamentado na deformabilidade, a espessura de reforço foi determinada através da expressão:

$$h_{CB} = k \log \frac{D_P}{D_{adm}}$$

onde:

h_{CB} = espessura do reforço em termos de CBUQ (cm);

k = "potência do reforço", própria do material empregado no reforço (para o DNIT, CE k = 40).

O presente contrato contempla também a execução de levantamentos deflectométricos com Viga Benkelman em uma porcentagem da extensão total do trecho, visando o estabelecimento de uma possível correlação entre os valores obtidos e aqueles oriundos do levantamento FWD. Os valores deflectométricos obtidos por Viga Benkelman são expostos graficamente a seguir:

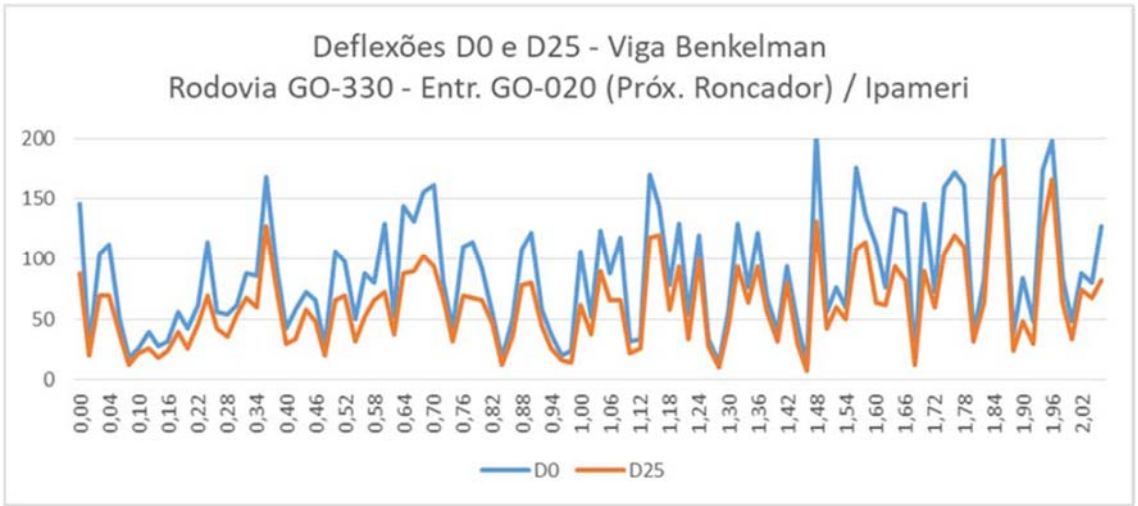


Figura 232 – Valor deflectométrico de Viga Benkelman – GO-330.

A correlação matemática encontrada entre os levantamentos deflectométrico por FWD e Viga Benkelman é a seguinte:

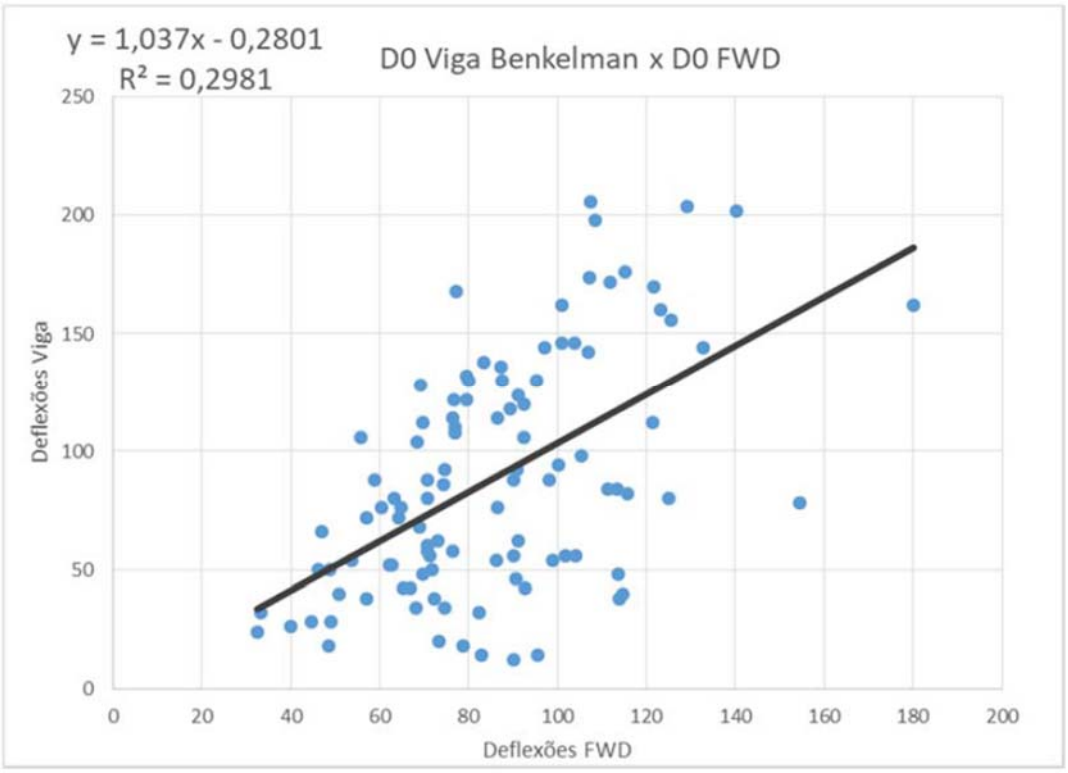


Figura 233 – Correlação matemática entre os valores deflectométrico obtidos por FWD e Viga Benkelman – GO-330.

Conforme previamente abordado no Produto 02A e descrito no Termo de Referência pertinente ao presente contrato, a consultora não encontrou correlação válida entre os valores de deflexão obtidos pelos levantamentos FWD e Viga Benkelman. Por isso, prosseguiu-se com a utilização dos valores deflectométricos medidos por FWD.

As espessuras de reforço determinadas através da aplicação do PRO-11/79 e adotadas no presente projeto são apresentadas a seguir:

PARÂMETROS ESTRUTURAIS DOS SEGMENTOS HOMOGÊNEOS DEFINIDOS

RODOVIA: GO-330 **PISTA/LADO:** SIMPLES/ESQUERDO E DIREITO

TRECHO: ENTR GO-352- IPAMERI / ENTR GO-020 **EXTENSÃO TRECHO:** 40,000 km

SEGMENTO HOMOGÊNEO						PARÂMETROS									CRITÉRIOS ESTABELECIDOS PARA A AVALIAÇÃO ESTRUTURAL						DIMENSIONAMENTO DO REFORÇO				
Nº	ESTACA		km		EXTENSÃO (m)	REVEST. EXISTENTE	IGG	Dp (0,01 mm)	R	Np	Dadm (0,01 mm)	D ≤ Dadm (0,01 mm)	D > Dadm (0,01 mm)	R > 100m	R ≤ 100m	HIPÓTESE	DADOS DEFLECTOMÉTRICOS OBTIDOS	QUALIDADE ESTRUTURAL	ESTUDOS COMPLE-MENTARES	CRITÉRIOS PARA CÁLCULO DE REFORÇO	MEDIDAS CORRETIVAS	K	hCB (cm)	hCBUQ (cm)	hCBUQ (cm) - Cálculo Deflectométrico	REVESTIMENTO DO REFORÇO
	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL																						
1	0	25	0,000	0,500	500	CA	54	86,19	114,68	1,44E+07	56,27	Não	Sim	Sim	Não	II	Dp>Dadm - R>=100	Regular	Não	Deflectométrico	Reforço	40	7,41	7,50	7,41	CBUQ
2	25	100	0,500	2,000	1.500	CA	94	127,62	100,42	1,44E+07	56,27	Não	Sim	Sim	Não	II	Dp>Dadm - R>=100	Regular	Não	Deflectométrico	Reforço	40	14,22	14,50	14,22	CBUQ
3	100	200	2,000	4,000	2.000	CA	105	108,35	105,90	1,44E+07	56,27	Não	Sim	Sim	Não	II	Dp>Dadm - R>=100	Regular	Não	Deflectométrico	Reforço	40	11,38	11,50	11,38	CBUQ
4	200	300	4,000	6,000	2.000	CA	113	101,75	117,58	1,44E+07	56,27	Não	Sim	Sim	Não	II	Dp>Dadm - R>=100	Regular	Não	Deflectométrico	Reforço	40	10,29	10,50	10,29	CBUQ
5	300	400	6,000	8,000	2.000	CA	145	110,12	118,32	1,44E+07	56,27	Não	Sim	Sim	Não	II	Dp>Dadm - R>=100	Regular	Não	Deflectométrico	Reforço	40	11,66	12,00	11,66	CBUQ
6	400	500	8,000	10,000	2.000	CA	73	88,07	124,16	1,44E+07	56,27	Não	Sim	Sim	Não	II	Dp>Dadm - R>=100	Regular	Não	Deflectométrico	Reforço	40	7,78	8,00	7,78	CBUQ
7	500	600	10,000	12,000	2.000	CA	86	89,31	135,92	1,44E+07	56,27	Não	Sim	Sim	Não	II	Dp>Dadm - R>=100	Regular	Não	Deflectométrico	Reforço	40	8,02	8,50	8,02	CBUQ
8	600	700	12,000	14,000	2.000	CA	174	108,98	94,26	1,44E+07	56,27	Não	Sim	Não	Sim	IV	Dp>Dadm - R<100	Má	Sim	Resistência	Reconstrução	40	-	-	11,48	-
9	700	800	14,000	16,000	2.000	CA	205	109,50	100,57	1,44E+07	56,27	Não	Sim	Sim	Não	V	IGG > 180	Má	Sim	Resistência	Reconstrução	40	-	-	11,56	-
10	800	900	16,000	18,000	2.000	CA	95	97,24	111,99	1,44E+07	56,27	Não	Sim	Sim	Não	II	Dp>Dadm - R>=100	Regular	Não	Deflectométrico	Reforço	40	9,50	10,00	9,50	CBUQ
11	900	1.000	18,000	20,000	2.000	CA	133	112,37	106,87	1,44E+07	56,27	Não	Sim	Sim	Não	II	Dp>Dadm - R>=100	Regular	Não	Deflectométrico	Reforço	40	12,01	12,50	12,01	CBUQ
12	1.000	1.100	20,000	22,000	2.000	CA	192	155,06	61,67	1,44E+07	56,27	Não	Sim	Não	Sim	V	IGG > 180	Má	Sim	Resistência	Reconstrução	40	-	-	17,61	-
13	1.100	1.200	22,000	24,000	2.000	CA	134	143,07	85,34	1,44E+07	56,27	Não	Sim	Não	Sim	IV	Dp>Dadm - R<100	Má	Sim	Resistência	Reconstrução	40	-	-	16,21	-
14	1.200	1.300	24,000	26,000	2.000	TSD	87	94,93	132,23	1,44E+07	56,27	Não	Sim	Sim	Não	II	Dp>Dadm - R>=100	Regular	Não	Deflectométrico	Reforço	40	9,08	9,50	9,08	CBUQ
15	1.300	1.400	26,000	28,000	2.000	CA	37	73,77	128,84	1,44E+07	56,27	Não	Sim	Sim	Não	II	Dp>Dadm - R>=100	Regular	Não	Deflectométrico	Reforço	40	4,70	5,00	4,70	CBUQ
16	1.400	1.500	28,000	30,000	2.000	CA	106	97,31	93,99	1,44E+07	56,27	Não	Sim	Não	Sim	IV	Dp>Dadm - R<100	Má	Sim	Resistência	Reconstrução	40	-	-	9,51	-
17	1.500	1.600	30,000	32,000	2.000	TSD	67	90,80	98,06	1,44E+07	56,27	Não	Sim	Não	Sim	IV	Dp>Dadm - R<100	Má	Sim	Resistência	Reconstrução	40	-	-	8,31	-
18	1.600	1.700	32,000	34,000	2.000	CA	142	110,68	109,32	1,44E+07	56,27	Não	Sim	Sim	Não	II	Dp>Dadm - R>=100	Regular	Não	Deflectométrico	Reforço	40	11,75	12,00	11,75	CBUQ
19	1.700	1.800	34,000	36,000	2.000	CA	38	79,50	128,90	1,44E+07	56,27	Não	Sim	Sim	Não	II	Dp>Dadm - R>=100	Regular	Não	Deflectométrico	Reforço	40	6,00	6,50	6,00	CBUQ
20	1.800	1.900	36,000	38,000	2.000	TSD	163	126,06	90,15	1,44E+07	56,27	Não	Sim	Não	Sim	IV	Dp>Dadm - R<100	Má	Sim	Resistência	Reconstrução	40	-	-	14,01	-
21	1.900	2.000	38,000	40,000	2.000	CA	151	140,82	65,98	1,44E+07	56,27	Não	Sim	Não	Sim	IV	Dp>Dadm - R<100	Má	Sim	Resistência	Reconstrução	40	-	-	15,93	-

Figura 234 - Solução de restauração preconizada pelo método DNER-PRO 11/79 – **Pista Simples – (km 0,00 ao km 40,00).**

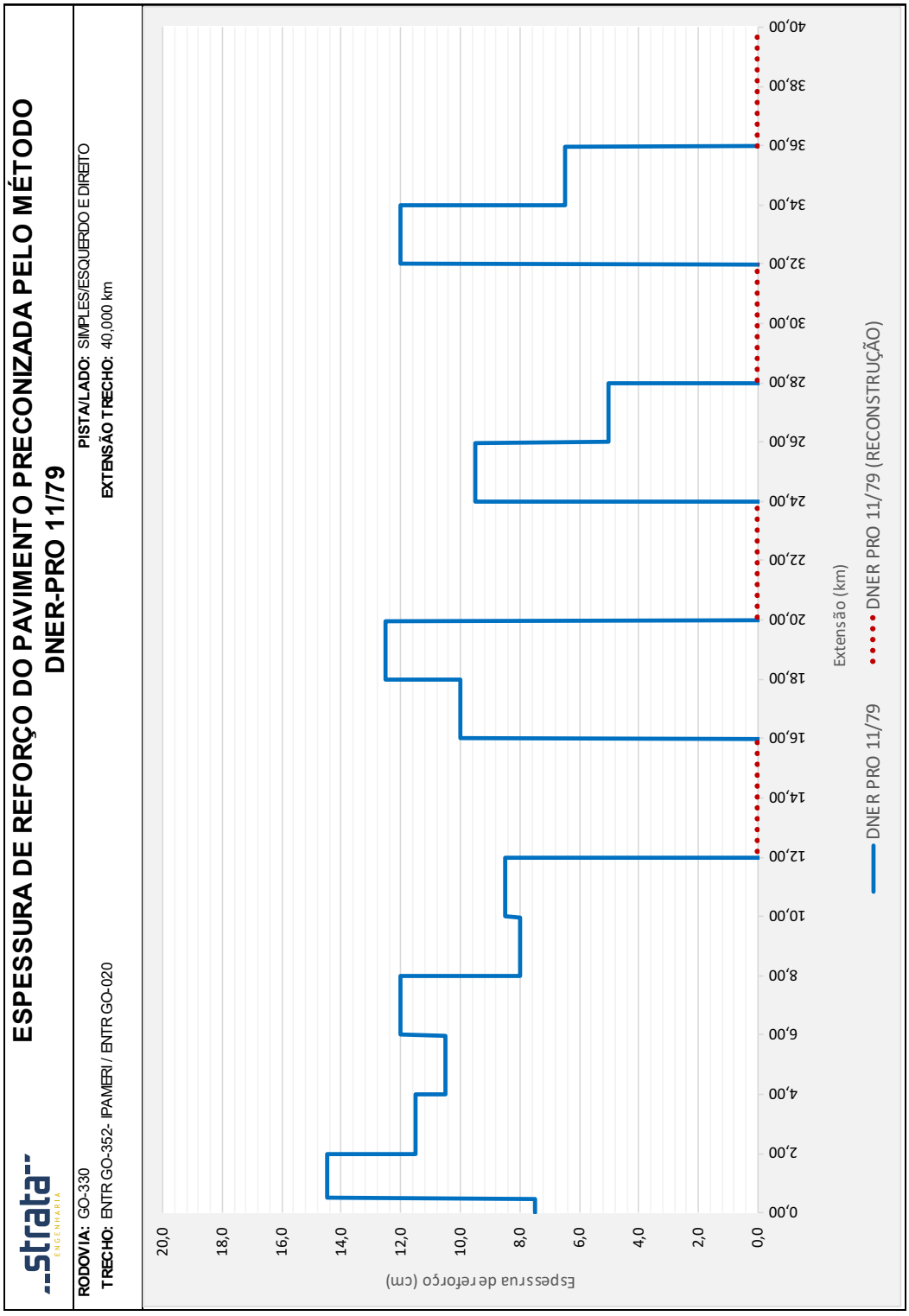


Figura 235 – Gráfico linear da Solução de restauração preconizada pelo método DNER-PRO 11/79 – **Pista Simples - (km 0,00 ao km 40,00).**

4.2.8.3.Método DNER-PRO 269/94

A aplicação do Método DNER-PRO 269/94 iniciou-se a partir da identificação dos segmentos em que o pavimento evidencia comportamentos homogêneos, ou seja, comportamentos distintos daqueles externados pelos segmentos dispostos anterior e posteriormente. Nesse trabalho de identificação, levou-se em consideração a análise simultânea dos principais parâmetros que caracterizam o comportamento funcional dos pavimentos, traduzidos pelas configurações das poligonais representativas das variações das deflexões reversíveis máximas, dos raios de curvatura, dos índices de irregularidades longitudinal (IRI) e transversal (flechas nas trilhas de roda- $F_{máx.}$), associadas às identificações correlatas das patologias levantadas através do inventário da superfície, das estruturas vigentes no pavimento existente, além das variações do tráfego usuário, representado pelo número N.

Os "diagramas de amplitude" das poligonais retrocitadas foram considerados incialmente de forma individualizada e em seguida analisados conjuntamente - consideração simultânea dos distintos diagramas de amplitude - a fim de se poder definir segmentações individualizadas, capazes de traduzir segmentos homogêneos que apresentassem características distintas daquelas externadas pelos segmentos anterior e posterior; as segmentações homogêneas foram devidamente processadas.

A etapa seguinte constituiu na análise dos intervalos de aceitação dos valores individuais das deflexões definidos em função do desvio-padrão externado pela população de cada segmento homogêneo e são denominados limites, superior (LS) e inferior (LI). As deflexões características foram medidas por meio do equipamento FWD.

Em seguida realizou-se a definição dos parâmetros do projeto de restauração: as porcentagens de trincamento (FC-2 e FC-3), deflexões característica e admissível dos segmentos homogêneos, as espessuras das camadas granulares (base, sub-base e reforço do solo de fundação), o número de aplicações de carga equivalente ao eixo-padrão de 8,2 t - Número "N" previsto para o período de análise (no caso ***10 anos***), etc. No que tange especificamente à aplicação do método PRO-269/94, vale lembrar que sua aplicação demanda também o conhecimento prévio do tipo do solo de fundação do pavimento (material disposto imediatamente abaixo do pavimento), o qual fora devidamente classificado a partir de ensaios de granulometria por sedimentação para determinação da fração silte (S%) existente em sua composição mineralógica e pelo valor da sua resistência, traduzida pelo Índice Suporte Califórnia (ISC/CBR).
Dispõe-se, abaixo, tabela que conta com os dados geotécnicos do solo de fundação, bem como o tipo de solo determinado a partir dos mesmos:

Tabela 9– Dados geotécnicos do solo de fundação – DNER PRO 269/94.

Avaliação			
SH	%S	I.S.C. (%)	Tipo de Solo
1	9,4	12,21	Tipo I
2	12,9	10,63	Tipo I
3	12,9	12,63	Tipo I
4	12,9	21,76	Tipo I
5	0,0	23,9	Tipo I
6	9,3	8,66	Tipo II
7	9,3	13,36	Tipo I
8	20,3	17,18	Tipo I
9	20,3	8,3	Tipo II
10	30,2	8,13	Tipo II
11	30,2	10,41	Tipo I
12	30,2	21,14	Tipo I
13	10,5	18,08	Tipo I
14	29,3	15,5	Tipo I
15	29,3	8,87	Tipo II
16	29,3	8,43	Tipo II
17	7,2	26,08	Tipo I
18	17,8	8,54	Tipo II
19	17,8	16,44	Tipo I
20	17,8	13,61	Tipo I
21	15,8	6,6	Tipo II

Isto posto, são realizados os cálculos para a obtenção das espessuras de reforço para cada segmento homogêneo em estudo. São apresentados a seguir os resultados obtidos pelo método DNIT 269/94-PRO:

SOLUÇÃO DE RESTAURAÇÃO PRECONIZADA PELO MÉTODO DNER-PRO 269/94

RODOVIA: GO-330 **PISTA/LADO:** SIMPLES/ESQUERDO E DIREITO

TRECHO: ENTR GO-352- IPAMERI / ENTR GO-020 **EXTENSÃO TRECHO:** 40,000 km

SEGMENTO HOMOGENEO						PARAMETROS DO PROJETO DE RESTAURAÇÃO DO PAVIMENTO EXISTENTE											DIMENSIONAMENTO DO REFORÇO DO PAVIMENTO EXISTENTE											
Nº	ESTACA		KM		EXTENSÃO (m)	Dc (0,01 mm)	ESTRUTURA DE REFERÊNCIA				PERÍODO DE ANÁLISE	Np	FC-2 (%)	FC-3 (%)	FC-2 + FC-3 (%)	TIPO DE SOLO DO SUBLEITO	hef (cm)			= D (0,01 mm)	cálculo HR (cm)			SOLUÇÃO DE RECAPEAMENTO	REFORÇO ADOTADO		
	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL			he	REVEST.	Hcg	Hcg							SOLO TIPO I	SOLO TIPO II	SOLO TIPO III		SOLO TIPO I	SOLO TIPO II	SOLO TIPO III		REVEST.	Tipo de Solo	HR (cm)
1	0	25	0,000	0,500	500	86,19	6	CA	<45	35,0	10 anos	1,44E+07	8,00%	28,00%	36,00%	Tipo I	3,64	4,61	6,00	63,45	5,95	5,64	6,63	CBUQ (Binder + Capa)	CBUQ	Tipo II	6,00
2	25	100	0,500	2,000	1.500	127,62	6	CA	<45	33,0	10 anos	1,44E+07	25,33%	38,67%	64,00%	Tipo I	0,00	0,00	0,00	63,45	10,88	11,90	14,77	CBUQ + PM	CBUQ	Tipo II	11,00
3	100	200	2,000	4,000	2.000	108,35	6,5	CA	>45	47,0	10 anos	1,44E+07	24,00%	37,00%	61,00%	Tipo I	0,00	0,00	0,00	63,45	10,88	14,77	14,77	CBUQ + PM	CBUQ	Tipo II	11,00
4	200	300	4,000	6,000	2.000	101,75	5,5	CA	<45	36,0	10 anos	1,44E+07	24,00%	42,00%	66,00%	Tipo I	0,00	0,00	0,00	63,45	10,88	11,90	14,77	CBUQ + PM	CBUQ	Tipo II	11,00
5	300	400	6,000	8,000	2.000	110,12	5,5	CA	<45	35,5	10 anos	1,44E+07	12,00%	51,00%	63,00%	Tipo I	0,00	0,00	0,00	63,45	10,88	11,90	14,77	CBUQ + PM	CBUQ	Tipo III	11,00
6	400	500	8,000	10,000	2.000	88,07	5,5	CA	<45	23,0	10 anos	1,44E+07	10,00%	30,00%	40,00%	Tipo II	3,44	4,41	5,50	63,45	6,22	5,91	7,31	CBUQ (Binder + Capa)	CBUQ	Tipo II	6,00
7	500	600	10,000	12,000	2.000	89,31	4,5	CA	<45	31,0	10 anos	1,44E+07	15,00%	29,00%	44,00%	Tipo I	3,31	4,28	4,50	63,45	6,39	6,09	8,67	CBUQ (Binder + Capa)	CBUQ	Tipo III	6,50
8	600	700	12,000	14,000	2.000	108,98	4,5	CA	<45	37,0	10 anos	1,44E+07	20,00%	56,00%	76,00%	Tipo I	0,00	0,00	0,00	63,45	10,88	11,90	14,77	CBUQ + PM	CBUQ	Tipo III	11,00
9	700	800	14,000	16,000	2.000	109,50	4	CA	<45	26,0	10 anos	1,44E+07	16,00%	70,00%	86,00%	Tipo II	0,00	0,00	0,00	63,45	10,88	11,90	14,77	CBUQ + PM	CBUQ	Tipo II	12,00
10	800	900	16,000	18,000	2.000	97,24	4,5	CA	<45	25,5	10 anos	1,44E+07	21,00%	31,00%	52,00%	Tipo II	0,00	0,00	0,00	63,45	10,88	11,90	14,77	CBUQ + PM	CBUQ	Tipo II	12,00
11	900	1.000	18,000	20,000	2.000	112,37	3,5	CA	<45	26,0	10 anos	1,44E+07	28,00%	39,00%	67,00%	Tipo I	0,00	0,00	0,00	63,45	10,88	11,90	14,77	CBUQ + PM	CBUQ	Tipo III	11,00
12	1.000	1.100	20,000	22,000	2.000	155,06	4	CA	<45	25,5	10 anos	1,44E+07	16,00%	64,00%	80,00%	Tipo I	0,00	0,00	0,00	63,45	10,88	11,90	14,77	CBUQ + PM	CBUQ	Tipo III	11,00
13	1.100	1.200	22,000	24,000	2.000	143,07	6	CA	<45	26,5	10 anos	1,44E+07	28,00%	37,00%	65,00%	Tipo I	0,00	0,00	0,00	63,45	10,88	11,90	14,77	CBUQ + PM	CBUQ	Tipo II	11,00
14	1.200	1.300	24,000	26,000	2.000	94,93	0	TSD	<45	34,0	10 anos	1,44E+07	12,00%	33,00%	45,00%	Tipo I	0,00	0,00	0,00	63,45	10,88	11,90	14,77	CBUQ + PM	CBUQ	Tipo II	11,00
15	1.300	1.400	26,000	28,000	2.000	73,77	4	CA	<45	30,5	10 anos	1,44E+07	3,00%	13,00%	16,00%	Tipo II	4,00	4,00	4,00	63,45	5,45	6,47	9,35	CBUQ (Binder + Capa)	CBUQ	Tipo III	6,50
16	1.400	1.500	28,000	30,000	2.000	97,31	4,5	CA	<45	34,0	10 anos	1,44E+07	15,00%	39,00%	54,00%	Tipo II	0,00	0,00	0,00	63,45	10,88	11,90	14,77	CBUQ + PM	CBUQ	Tipo II	12,00
17	1.500	1.600	30,000	32,000	2.000	90,80	0	TSD	<45	38,0	10 anos	1,44E+07	17,00%	20,00%	37,00%	Tipo I	0,00	0,00	0,00	63,45	10,88	11,90	14,77	CBUQ + PM	CBUQ	Tipo II	11,00
18	1.600	1.700	32,000	34,000	2.000	110,68	4,5	CA	<45	39,5	10 anos	1,44E+07	9,00%	57,00%	66,00%	Tipo II	0,00	0,00	0,00	63,45	10,88	11,90	14,77	CBUQ + PM	CBUQ	Tipo III	12,00
19	1.700	1.800	34,000	36,000	2.000	79,50	5	CA	<45	40,0	10 anos	1,44E+07	9,00%	16,00%	25,00%	Tipo I	4,43	5,00	5,00	63,45	4,88	5,11	7,99	CBUQ (Binder + Capa)	CBUQ	Tipo III	5,00
20	1.800	1.900	36,000	38,000	2.000	126,06	0	TSD	<45	27,0	10 anos	1,44E+07	17,00%	55,00%	72,00%	Tipo I	0,00	0,00	0,00	63,45	10,88	11,90	14,77	CBUQ + PM	CBUQ	Tipo III	11,00
21	1.900	2.000	38,000	40,000	2.000	140,82	3	CA	<45	32,0	10 anos	1,44E+07	31,68%	41,58%	73,27%	Tipo II	0,00	0,00	0,00	63,45	10,88	11,90	14,77	CBUQ + PM	CBUQ	Tipo III	12,00

Figura 236 – Dimensionamento PRO 269/94 Considerando-se os estados generalizados de trincamento – **Pista Simples – (km 0,000 ao km 40,00).**

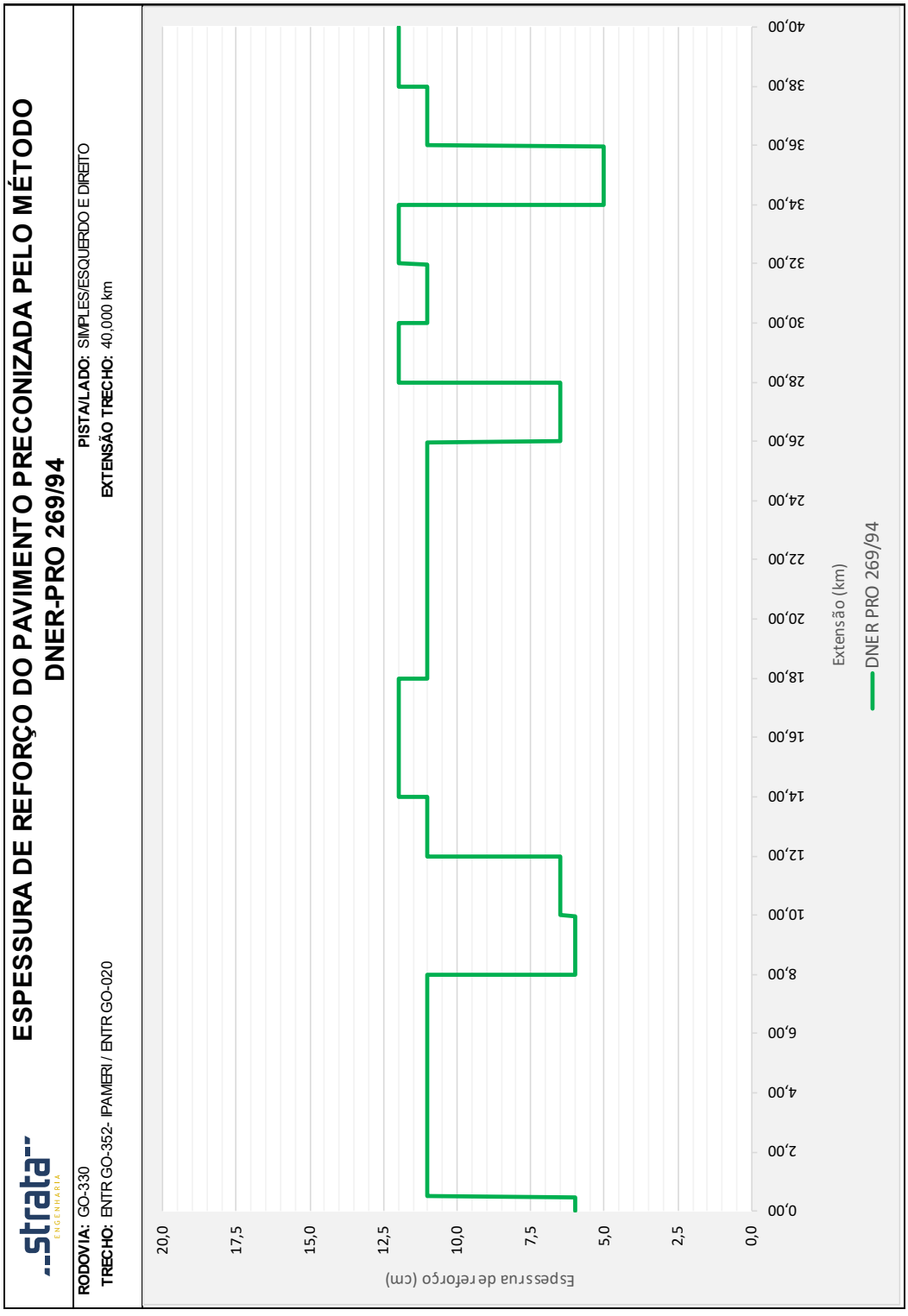


Figura 237 – Gráfico linear da Solução de restauração preconizada pelo método PRO 269/94 Considerando-se os estados generalizados de trincamento – **Pista Simples – (km 0,00 ao km 40,00).**

4.2.8.4.Método PARAGON

4.2.8.4.1. Considerações Preliminares

A metodologia PARAGON tem seu início disciplinado pela ***avaliação funcional*** dos pavimentos com a determinação de seus índices caracterizadores (ICDS, ICDP e ICDE), os quais, analisados em conjunto, permitem a definição dos estados de sanidade externados pelo pavimento. Esse procedimento, realizado por estaca e por faixa de tráfego permite, por conseguinte, a definição dos respectivos códigos genéticos externados pelo pavimento, os quais traduzem o ***diagnóstico funcional*** estabelecido faculta a concepção das intervenções de reabilitação requeridas pelo pavimento existente (por estaca e por faixa de tráfego).

Paralelamente, na busca de uma perfeita ***avaliação estrutural*** – para além da medição das linhas de influência e da definição do sistema estratificado (número e espessuras das camadas e respectivos valores modulares) – determinam-se ainda os percentuais de contribuição de cada camada no valor da deflexão reversível máxima, parâmetros que ajudam, de forma extremamente consistente, na busca e na identificação das causas mais prováveis dos problemas e/ou anomalias detectados.

Esse procedimento, realizado por estaca e por faixa de tráfego permite, por conseguinte, a definição das grandezas fundamentais da estrutura: número e espessuras das camadas e seus respectivos módulos de elasticidade e coeficientes de Poisson; o conjunto e a interpretação de tais grandezas fundamentais permitem a definição do ***diagnóstico estrutural*** do pavimento, ou seja, a definição do comportamento da estrutura quando acionada por cargas exteriores.

Finalizando, promove-se o ***dimensionamento mecanístico***, processado considerando o sistema estratificado composto pelo conjunto pavimento-solo de fundação - adicionado da camada de reforço estrutural -, submetido a condições de carregamentos similares àquelas exercidas pelas cargas do tráfego. Nesse dimensionamento, são calculados os *esforços horizontais atuantes na fibra inferior das camadas de reforço e do revestimento existente e os esforços verticais de compressão atuantes no topo do solo de fundação* considerando diferentes espessuras de reforço, os quais são cotejados e compatibilizados com os esforços resistentes intrínsecos a cada material constituinte; tal compatibilização é procedida de forma a se garantir que os esforços atuantes não sobrepujem os esforços resistentes.

Adicionalmente, aplica-se a metodologia de vida remanescente de tráfego visando avaliar a capacidade de tráfego restante do pavimento existente, atributo que, se existente, não deve ser desprezado em termos das soluções de restauração a serem empreendidas. As espessuras de reforço obtidas por meio de tal abordagem devem ser, naturalmente, contempladas e cotejadas.

Destarte, no âmbito da metodologia Paragon, dois procedimentos distintos se apresentam para a definição das intervenções corretivas a serem propostas para a recuperação de um pavimento antigo e degradado: as ***soluções conceptivas*** e a ***soluções estruturais***, as quais têm de se inter-relacionar, se fazendo, entretanto, mais respeitável e condicionante a solução conceptiva.

4.2.8.4.2. Soluções Conceptivas preconizadas pela Metodologia Paragon

Dispondo-se de um quadro sintomático definido e composto o algoritmo genético das combinações dos estados de sanidade, estabeleceu-se, no âmbito da metodologia Paragon, uma

matriz de decisão (“expert systems”) definida pelas soluções conceptivas reclamadas por cada estado de sanidade externado pelo pavimento.

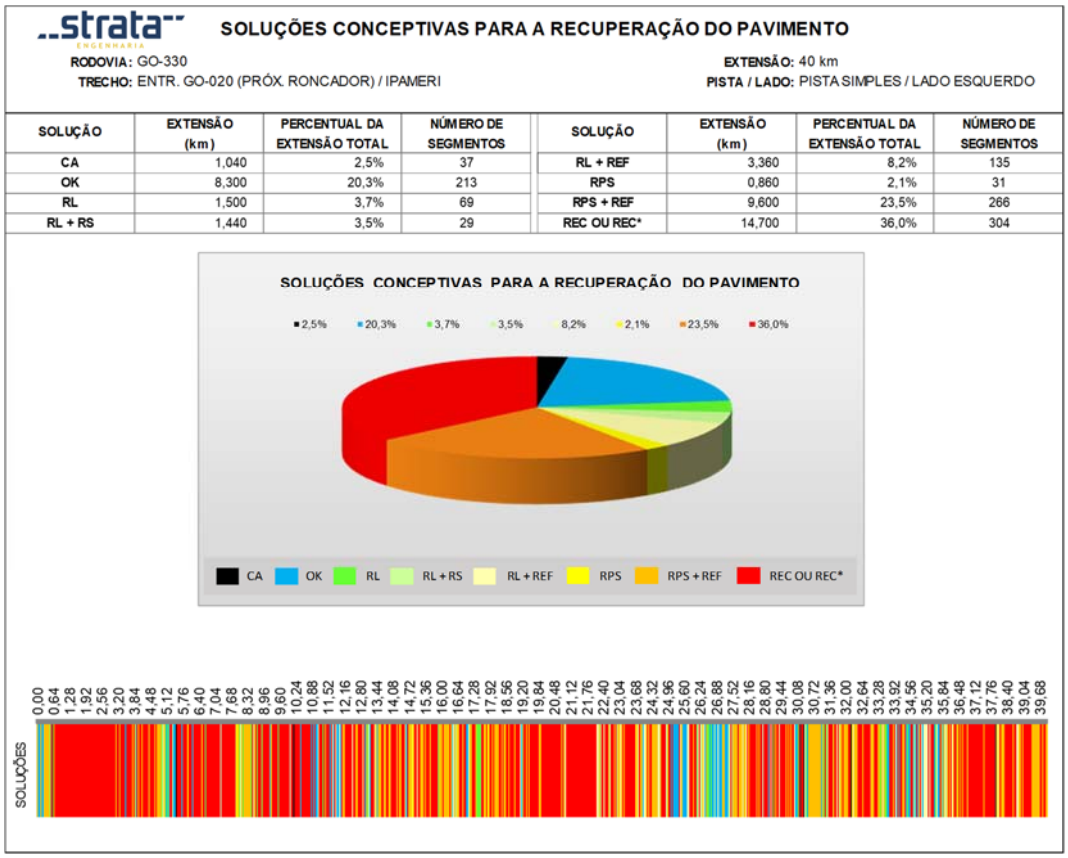
A essência das ***soluções conceptivas*** se vincula, portanto, ao quadro sintomático externado pelo pavimento, o qual, ao exteriorizar suas deficiências, revela a origem de suas malformações, se de naturezas superficiais ou ocorrentes em profundidades. De uma forma geral, as soluções conceptivas permitem a definição da incisão – local e profundidade – condicionamento que se soma aos procedimentos empregados para o dimensionamento de reforço estrutural, nos quais as espessuras são determinadas sempre por acréscimo (por sobreposição), sem ter em conta eventuais necessidades de correções a níveis internos.

Destarte, quando as degradações a serem corrigidas são de natureza superficial, as espessuras de reforços calculadas são válidas e quando decorrem de deformações permanentes em uma ou mais camadas – principalmente se de naturezas plásticas ou associadas à inadequabilidade comportamentais e/ou mecânicas dos materiais – as espessuras de reforço calculadas tornam-se desprovidas de fundamentação; na realidade, constitui veto natural capear pavimentos que externam deformações plásticas externas ou internas comprometedoras, as quais demandam, naturalmente, remoções parciais ou totais ou reconfecção das camadas danificadas.

Por conseguinte, pode-se afirmar, com certeza plena, que as ***soluções conceptivas devem condicionar as soluções de caráter estrutural***, as quais carecem de se render às premissas conceptivas que determinam o nível e a estratificação das malformações existentes.

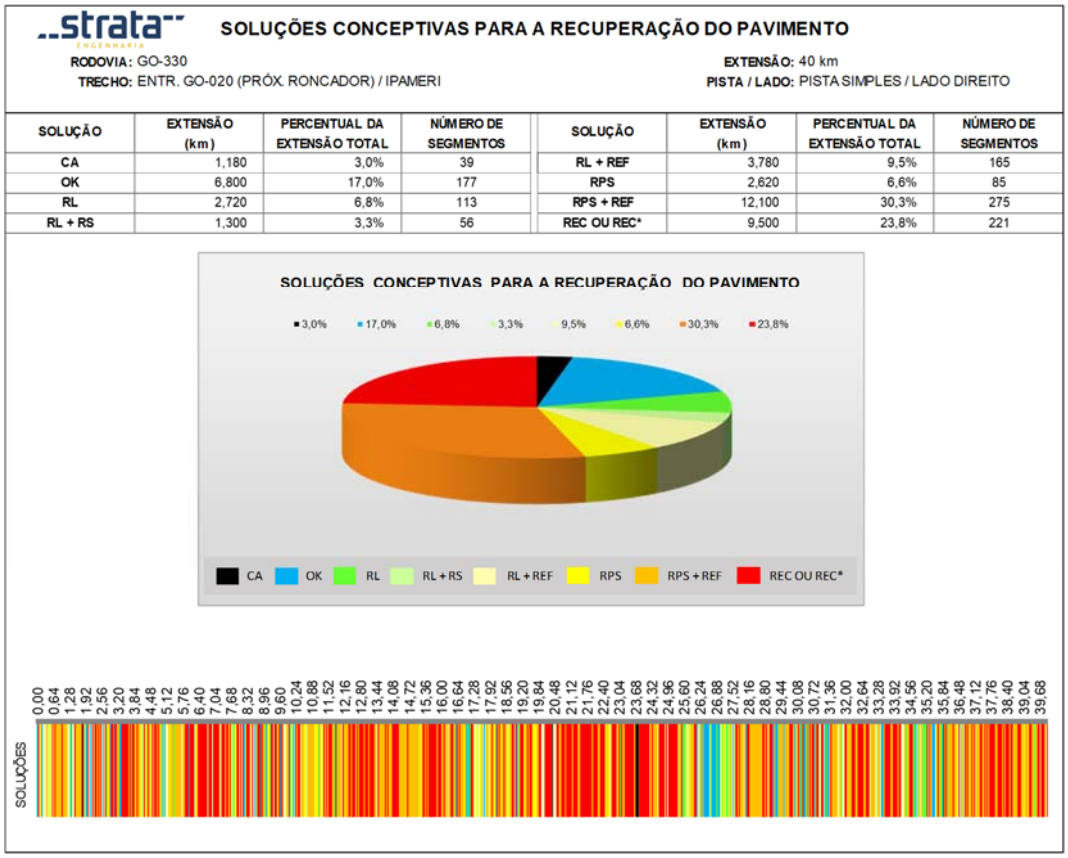
4.2.8.4.2.1.Intervenções Corretivas Concebidas para o Pavimento

Tendo em vista, portanto o conhecimento prévio dos estados de sanidade do pavimento existente, definidos estaca por estaca, pôde-se promover suas respectivas identificações com as intervenções corretivas propostas pela “arvore de decisão”; os resultados obtidos, definidos, por faixa de tráfego, foram sintetizados e são apresentados a seguir:



SOLUÇÃO	EXTENSÃO (km)	PERCENTUAL DA EXTENSÃO TOTAL	NÚMERO DE SEGMENTOS	SOLUÇÃO	EXTENSÃO (km)	PERCENTUAL DA EXTENSÃO TOTAL	NÚMERO DE SEGMENTOS
CA	1,040	2,5%	37	RL + REF	3,360	8,2%	135
OK	8,300	20,3%	213	RPS	0,860	2,1%	31
RL	1,500	3,7%	69	RPS + REF	9,600	23,5%	266
RL + RS	1,440	3,5%	29	REC OU REC*	14,700	36,0%	304

Figura 238 – Intervenções Conceptivas requeridas pelos pavimentos (Pista Simples – Lado Esquerdo).



SOLUÇÃO	EXTENSÃO (km)	PERCENTUAL DA EXTENSÃO TOTAL	NÚMERO DE SEGMENTOS	SOLUÇÃO	EXTENSÃO (km)	PERCENTUAL DA EXTENSÃO TOTAL	NÚMERO DE SEGMENTOS
CA	1,180	3,0%	39	RL + REF	3,780	9,5%	165
OK	6,800	17,0%	177	RPS	2,620	6,6%	85
RL	2,720	6,8%	113	RPS + REF	12,100	30,3%	275
RL + RS	1,300	3,3%	56	REC OU REC*	9,500	23,8%	221

Figura 239 – Intervenções Conceptivas requeridas pelos pavimentos (Pista Simples – Lado Direito).

Do ponto de vista conceitual, o pavimento demonstrou, predominantemente, a necessidade de ***intervenções em profundidade***, como reconstrução total ou parcial (REC ou REC*) e recomposição superficial (RPS) com reforço (REF), abrangendo aproximadamente 50% do trecho. Intervenções como reparo localizado, reforço e recomposição superficial, típicas de pavimentos em estado de sanidade classificado como 'Regular', correspondem a cerca de 15% do trecho e estão distribuídas ao longo da extensão analisada. Além disso, aproximadamente 25% do trecho apresenta boas condições, sendo que 20% requer apenas reparo localizado.

Tais evidências corroboram os *diagnósticos funcional e estrutural* do pavimento em questão, nos quais constatou-se que a maior parte dos defeitos superficiais externados pelo pavimento resultam do estado de fadiga já bastante avançado da estrutura que propicia o desgaste da massa asfáltica e a entrada de águas pluviais e, com isso, o fenômeno de bombeamento de água com finos. Com a perda de finos, a camada de revestimento, "descalçada", passa a trabalhar em um regime de tração forçada, condição que responde pela sua degradação integral e respectivo colapso.

4.2.8.4.2.2.Soluções Estruturais preconizadas pela Metodologia Paragon

Esta fase da metodologia Paragon se apoia nas avaliações estruturais do sistema pavimento existente – solo de fundação anteriormente processadas, fundamentalmente necessárias para se poder determinar as carências de aporte estrutural demandadas para se atender as solicitações futuras, previstas para a "vida de projeto". Assim, após a interpretação das linhas de influência considerando a estratigrafia do pavimento, promove-se o dimensionamento do reforço tendo em conta a compatibilização dos *esforços horizontais atuantes na fibra inferior da camada de reforço e do revestimento existente e verticais de compressão atuantes no topo do solo de fundação com seus respectivos esforços resistentes*; a premissa básica é de que os esforços atuantes não sobrepujem os esforços resistentes.

Ademais, é importante ressaltar a aplicação de uma quarta condição de dimensionamento na busca de uma avaliação mais completa das condições resistivas do pavimento em estudo: a definição e a contemplação da sua *capacidade de tráfego restante*. Nessa abordagem determina-se primeiramente a vida remanescente do pavimento existente, a qual permite – caso existente – definir o grau de alívio demandado pelo pavimento antigo para que ele possa suportar as solicitações futuras, durante sua vida de projeto; caso se verifique a existência de vida remanescente, deve ser ela devidamente contemplada e multiplicada de forma a atender a demanda de sua futura prestação de serviços.

Para consecução dessa etapa, torna-se fundamentalmente necessário definir os novos materiais, destinados a compor as camadas de reforço estrutural, com a definição de seus valores modulares e respectivos coeficientes de Poisson e também os pontos de solicitação máximos e cruciais a serem considerados no âmbito da análise tensional do sistema reforço estrutural – pavimento – solo de fundação; os valores modulares característicos das camadas constituintes do pavimento e do solo de fundação existente são aqueles obtidos por retroanálises.
Em suma, para elucidar todas essas exigências, cruciais aos dimensionamentos mecanísticos, torna-se necessário definir:

a) as características das misturas asfálticas selecionadas – e passíveis – para constituição do reforço do pavimento (caracterização dos agregados pétreos e do ligante asfáltico

– CAP, definição das granulometrias e dosagem do ligante asfáltico e temperaturas de trabalho;

b) as características das Temperaturas Médias de Trabalho das Misturas Asfálticas durante suas solicitações

c) as características das solicitações impostas à superfície de um pavimento por uma carga móvel, rolante (tempo de aplicação de carga de frequência de solicitação) e suas influências nos valores dos módulos de rigidez dos concretos asfálticos.

d) As características das solicitações máximas impostas ao pavimento durante seu carregamento por cargas móveis e definição das solicitações críticas, estabelecendo suas correlações e analogias com os ensaios de carga dinâmicos.

4.2.8.4.3. Características das Misturas Asfálticas a serem Empregadas na Restauração do Pavimento Existente

Em decorrência das características funcionais e estruturais exteriorizadas pelo pavimento em questão, as medidas corretivas que se fazem necessárias deverão se enquadrar no espectro delimitado entre as recomposições superficiais, reforços estruturais e intervenções em profundidade.

Assim, no caso dos reforços estruturais com o emprego de concreto asfálticoo usinado a quente, torna-se fundamentalmente importante a seleção e a caracterização preliminar - e orientativa - das misturas asfálticas a serem empregadas, exigência requerida no dimensionamento estrutural quando processado através de análises de compatibilidade estrutural (solo de fundação x estrutura existente x camadas de reforço) cotejando os esforços impostos pelas cargas do tráfego e os esforços resistentes, intrínsecos a cada material.

Destarte, com base nas *soluções de reforço estrutural mais prováveis*, julgou-se válido considerar, pelo menos em primeira instância, misturas betuminosas do tipo *CBUQ Faixas C e B* (Norma DNIT 031/2006 – ES Pavimentos Flexíveis – Concreto Asfáltico) compostas com *Cimento Asfáltico de Petróleo apresentando viscosidade absoluta a 60ºC da ordem de 2000 Poises (CAP 60/85) modificado com polímero (5,5%)* e *filler de cimento Portland*; respalda ainda a seleção dessas faixas suas similaridades com as Faixas IVb e IIIb do "*The Asphalt Institute"*, organismo de respeitabilidade mundial.

Dessa forma, para se elaborar um adequado projeto de restauração deve-se promover preliminarmente a composição e as caracterizações física e mecânica das ***misturas-referências***, exigência esta que demanda o conhecimento dos componentes e a definição de suas quantidades. Assim considerando, faz-se mister evidenciar que os estudos de projeto – de fundamental importância – ***são sempre orientativos***, haja vista que são procedidos com amostras colhidas em locais específicos (por exemplo: uma pedreira comercial), sendo que existe mais algumas outras na própria redondeza;

Portanto, é importante se ter em conta que as caracterizações de projeto são processadas com "amostras" tornando-se fundamentalmente necessário, *quando da execução da obra, que a composição granulométrica final seja devidamente ajustada e definida* em função de eventuais diferenças mineralógicas, distintos sistemas de britagem, desigualdades dos índices de forma, lamelaridade, etc. Cuidados extras permear o emprego dos ligantes asfálticos, haja vista que

embora produzidos pela Petrobras, as refinarias recebem o cru de diferentes origens, com mais ou menos bases asfaltênicas.

4.2.8.4.3.1.Caracterização do Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP)

O tipo de ligante betuminoso selecionado para compor as futuras misturas asfálticas em CBUQ deve ser definido com base fundamentalmente nas características de flexibilidade da estrutura existente, na necessidade de se promover a compatibilização estrutural e também na existência / disponibilidade do produto em Refinarias e/ou distribuidoras autorizadas de Petróleo, situadas a distâncias economicamente viáveis. Na seleção da origem do ligante asfáltico procurou-se ter em conta as seguintes particularidades:

- o preço do ligante asfáltico é tabelado pela Petrobrás e, por conseguinte, como a distância de transporte é fixa, o custo final a ser praticado será ditado pela própria refinaria; e finalmente,

- o fato da Norma DNIT 031/2006 – ES Pavimentos Flexíveis – Concreto Asfáltico – Especificação de Serviço, no item 8 – Critérios de Medição, alínea c) estar claramente definido que "*o transporte do cimento asfáltico efetivamente aplicado será medido com base na distância entre a refinaria e o canteiro de serviço"*.

Assim, para a caracterização presentemente proposta, selecionou-se um cimento asfáltico de petróleo do tipo CAP-60/85 – a ser aprimorado por polímero – o qual apresentou as características fenomenológicas indicadas a seguir:

Tabela 10 – Características fundamentais do cimento asfáltico de petróleo

CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTAIS DO CIMENTO ASFÁLTICO DE PETRÓLEO SELECIONADO	
CAP (Classificação por Viscosidade)	**20**
Penetração Normal (100g, 5s, 25°C, 0,1mm) - PEN	**56**
Ponto de Amolecimento (Anel e Bola - C) – Tab	**49,7**
Densidade ($g.cm^{-3}$)	**1,02**
Ponto de Fulgor (ºC)	**2,87**
Ponto de Inflamação em vaso aberto Cleveland (ºC)	**350**
Viscosidade Saybolt-FUROL a 135°C	**186**
Viscosidade Absoluta a 70°F - 70°F x 10^{-6} (Poise)	**5,78**
Teor em betume (% em peso)	**99,8**
Ductilidade (25ºC, cm)	**85**
Perda por aquecimento a 163ºC, 5h (%)	**0,09**
Susceptibilidade térmica	**0,05**
Susceptibilidade ao tempo de carga	**0,42**
Carboides (%)	**0,1**
Carbenos (%)	**0,0**
Asfaltenos (%)	**14,2**
Maltenos (%)	**85,7**
Índice de Penetração – IP	**- 1,01**

Sendo o índice de penetração (IP) de Pfeiffer e Van Doormaal definido pela expressão:

$$IP = \frac{500.\log PEN + 20.Tab - 1951}{120 - 50.\log PEN + Tab}$$

4.2.8.4.3.2.Caracterização dos Agregados Pétreos

Os materiais selecionados – agregados pétreos, areia e "filler" – devem ter suas composições granulométricas devidamente estudadas e definidas de forma a propiciar a dosagem de suas respectivas quantidades em termos da composição final das misturas selecionadas. No caso específico, encontrou-se uma disponibilidade de material pétreo (basalto) na região, com a existência de pedreira em atividade comercial.

4.2.8.4.3.2.1. Estudos de Dosagem Referencial para os Concretos Betuminosos Usinados a Quente

- ✓ **Limites Granulométricos**

Conforme exposto anteriormente, selecionou-se, para compor as camadas de estruturação interna e de vedação, concretos betuminosos usinados a quente a serem compostos com misturas de agregados pétreos disciplinadas pelas Faixas "B" e "C", preconizadas pela Especificação DNIT 031/2006 – Pavimentos Flexíveis – Concreto Asfáltico; os limites destas faixas granulométricas, definidos em termos das percentagens em peso passadas em cada peneira, são indicados a seguir:

Tabela 11 – Limites granulométricas (normativa DNIT 031/2006 ES).

LIMITES GRANULOMÉTRICOS (DNIT-031/2006 ES)			
PENEIRAS		PERCENTAGEM PASSANDO EM PESO	
ASTM	mm	FAIXA "B"	FAIXA "C"
1 ½ "	38,1	100	-
1"	25,4	95 – 100	-
3/4"	19,0	80 – 100	100
1/2"	12,7	–	85 – 100
3/8"	9,5	45 – 80	75 – 100
N° 4	4,8	28 – 60	50 – 85
N° 10	2,0	20 – 45	30 – 75
N° 40	0,42	10 – 32	15 – 40
N° 80	0,18	8 – 20	8 – 30
N° 200	0,074	3 – 8	5 – 10

Complementarmente à caracterização granulométrica, cabe ressaltar que outros ensaios de caracterização dos agregados pétreos foram realizados / fornecidos, tendo-se verificado os seguintes resultados:

- ✓ Abrasão "Los Angeles" (DNER – ME 035/98) da ordem de 14%;
- ✓ Perda ao ensaio de durabilidade com sulfato (DNER – ME089/94) de sódio igual a 0,93%bb;
- ✓ Adesividade (DNER ME 078/079) satisfatória, e
- ✓ Índice de forma dos agregados graúdos (NBR 7809) igual 4,5.

- ✓ **Estudos Preliminares para Composição das Faixas Granulométricas "B" e "C"**

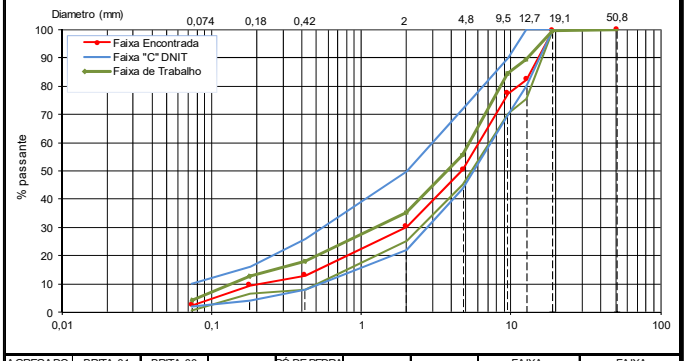
Tendo em conta os materiais disponíveis e suas respectivas granulometrias, promoveram-se estudos para definição de composições que, para além de se enquadrarem nas Faixas “B” e “C” / DNER, atendessem também aos aspectos econômicos em termos de formulação da mistura a ser empregada. Os resultados obtidos são apresentados a seguir:

Tabela 12 – Composição das faixas granulométricas “B” e “C”

COMPOSIÇÃO DAS FAIXAS GRANULOMÉTRICAS “B” E “C”							
PENEIRAS		CAMADA DE ESTRUTURAÇÃ			CAMADA DE VEDAÇÃO		
		CBUQ FAIXA B			CBUQ FAIXA C		
		PÓ DE PEDRA		27%	PÓ DE PEDRA		27%
		PEDRISCO		20%	PEDRISCO		20%
		BRITA 0		32%	BRITA 0		32%
		BRITA 1		11%	BRITA 1		21%
		BRITA 2		10%	-		-
Nº	mm	DNIT FAIXA “	AI FAIXA I	MISTUR	DNIT FAIXA	AI FAIXA I	MISTUR
1 ½	38,1	100	-	100	-	-	-
1”	25,4	95-100	-	97,6	-	-	-
3/4'	19,0	80-100	100	90,3	100	100	99,6
1/2'	12,7	-	75-100	-	80-100	85-100	82,3
3/8’	9,51	45-80	60-85	76,8	70-90	70-90	77,3
4	4,76	28-60	35-55	50,4	44-72	50-70	50,4
8	2,38	-	20-35	-	-	35-50	-
10	2,00	20-45	-	29,8	22-50	-	30,2
30	0,595	-	10-22	-	-	18-29	-
40	0,420	10-32	-	12,9	8-26	-	12,9
50	0,297	-	6-16	-	-	13-23	-
80	0,180	8-20	-	9,6	4-16	-	9,6
100	0,149	-	4-12	-	-	8-16	-
200	0,007	3-8	2-8	2,5	2-10	4-10	2,5

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA MISTURA DOS AGREGADOS FAIXA "C"

AMOSTRAS	MATERIAL	PORCENTAGEM (%)	CLASSIFICAÇÃO
1	BRITA 01	21,0	
2	BRITA 00	32,0	
3	PEDRISCO	20,0	
4	PÓ DE PEDRA	27,0	

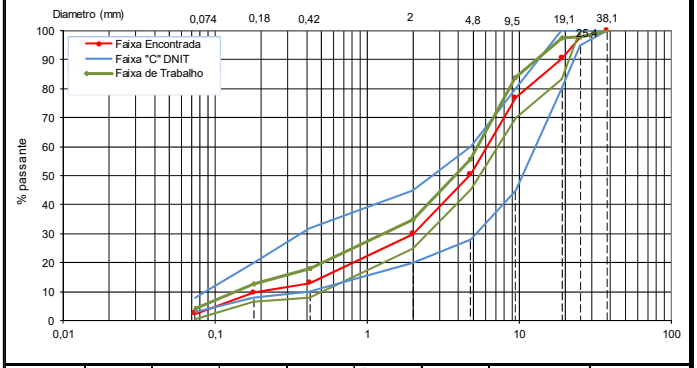


AGREGADO		BRITA 01		BRITA 00		PEDRISCO		PÓ DE PEDRA				Combinação	FAIXA DE TRABALHO		FAIXA "C" DNIT		
% USADA		21,0		32,0		20,0		27,0									
PENEIRAS		Total	%Enc	Total	%Enc	Total	%Enc	Total	%Enc	Total	%Enc						
Poleg.	Milim.																
2"	50,8	100,0	21,0	100,0	32,0	100,0	20,0	100,0	27,0			100,0	100,0		100		
3/4"	19,1	98,1	20,6	100,0	32,0	100,0	20,0	100,0	27,0			99,6	100,0	99,6	100	-	100
1/2"	12,7	15,9	3,3	100,0	32,0	100,0	20,0	100,0	27,0			82,3	75,3	89,3	80		100
3/8"	9,5	5,1	1,1	91,3	29,2	100,0	20,0	100,0	27,0			77,3	70,3	84,3	70	-	90
4	4,8	0,1	0,0	11,4	3,6	98,8	19,8	99,9	27,0			50,4	45,4	55,4	44	-	72
10	2,0	0,1	0,0	0,5	0,2	44,2	8,8	78,6	21,2			30,2	25,2	35,2	22	-	50
40	0,42	0,1	0,0	0,4	0,1	2,1	0,4	45,8	12,4			12,9	7,9	17,9	8	-	26
80	0,18	0,0	0,0	0,4	0,1	1,7	0,3	33,7	9,1			9,6	6,6	12,6	4	-	16
200	0,07	0,0	0,0	0,3	0,1	0,6	0,1	8,4	2,3			2,5	0,5	4,5	2	-	10

Figura 240 – Composição Granulométrica da Mistura dos agregados – Faixa “C” (referencial).

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA MISTURA DOS AGREGADOS FAIXA "B"

AMOSTRAS	MATERIAL	PORCENTAGEM (%)	CLASSIFICAÇÃO
1	BRITA 02	10,0	
2	BRITA 01	11,0	
3	BRITA 00	32,0	
4	PEDRISCO	20,0	
5	PÓ DE PEDRA	27,0	



AGREGADO		BRITA 02		BRITA 01		BRITA 00		PEDRISCO		PÓ DE PEDRA		Combinação	FAIXA DE TRABALHO		FAIXA "B" DNIT		
% USADA		10,0		11,0		32,0		20,0		27,0							
PENEIRAS		Total	%Enc	Total	%Enc	Total	%Enc	Total	%Enc	Total	%Enc						
Poleg.	Milim.																
1 1/2"	38,1	100,0	10,0	100,0	11,0	100,0	32,0	100,0	20,0	100,0	27,0	100,0	100,0		100		
1"	25,4	75,7	7,6	100,0	11,0	100,0	32,0	100,0	20,0	100,0	27,0	97,6	100,0	97,6	95	-	100
3/4"	19,1	4,8	0,5	98,1	10,8	100,0	32,0	100,0	20,0	100,0	27,0	90,3	83,3	97,3	80		100
3/8"	9,5	0,1	0,0	5,1	0,6	91,3	29,2	100,0	20,0	100,0	27,0	76,8	69,8	83,8	45	-	80
4	4,8	0,1	0,0	0,1	0,0	11,4	3,6	98,8	19,8	99,9	27,0	50,4	45,4	55,4	28	-	60
10	2,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,5	0,2	42,2	8,4	78,6	21,2	29,8	24,8	34,8	20	-	45
40	0,42	0,1	0,0	0,1	0,0	0,4	0,1	2,1	0,4	45,8	12,4	12,9	7,9	17,9	10	-	32
80	0,18	0,1	0,0	0,1	0,0	0,4	0,1	1,7	0,3	33,7	9,1	9,6	6,6	12,6	8	-	20
200	0,074	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,1	0,6	0,1	8,4	2,3	2,5	0,5	4,5	3	-	8

Figura 241 – Composição Granulométrica da Mistura dos agregados – Faixa “B” (referencial).

✓ **Determinação da Superfície Específica dos Agregados**

Para as composições granulométricas estabelecidas pôde-se, em seguida, determinar a superfície específica dos agregados. Para o efeito, aplicou-se a fórmula de ***Marius Duriez***, indicada a seguir:

$$\Sigma = \frac{1}{100}\left[0{,}17a + 0{,}33b + 0{,}71c + 5d + 135e\right]$$

onde:

Σ = superfície específica dos agregados (m²/ kgf);
a = percentagem de agregado retido na peneira de 9,51 mm (3/8");
b = percentagem de agregado passando na peneira de 9,51 mm (3/8") e retido na peneira de 4,76 mm (n° 4);
c = percentagem de agregado passando na peneira de 4,76 mm (n° 4) e retido na peneira de 2,00 mm (n° 10);
d = percentagem de agregado passando na peneira de 2,00 mm (n° 10) e retido na peneira de 0,074 mm (n° 200);
e = percentagem de agregado passando na peneira de 0,074 mm (n° 200).

à qual se agrega a recomendação de se promover uma correção final no caso de se verificar valores de peso específico (ρ) médio dos agregados diferentes de 2,65 g.cm^{-3}. O fator de correção é definido portanto pela relação entre os pesos específicos padrão e particular e o resultado final se escreve:

$$\Sigma \times \frac{2{,}65}{\rho}$$

Desta forma, efetuados os cálculos, e tendo em conta que os pesos específicos médios ponderados dos agregados componentes das faixas "B" e "C" são respectivamente 2,812 e 2,814 g.cm^{-3}, verificou-se serem as superfícies específicas dos agregados da ordem de 5,295 e 5,297 m^2/kgf.

✓ **Dosagem dos Teores Ótimos em Asfalto pelo Método da Superfície Específica**

Com o objetivo de orientar a dosagem inicial de ligante na mistura, e, consequentemente, otimizar o número de corpos de prova no ensaio Marshall, realizou-se o cálculo de dosagem a partir do método experimental conhecido como "**método da superfície específica**", desenvolvido pelo engenheiro francês ***Marius Duriez***. Neste método, o teor em asfalto é definido pela expressão:

$$p = m\sqrt[5]{\Sigma}$$

onde:

p = Percentagem ponderal de asfalto, avaliado em termos da percentagem total de agregado;
Σ = Superfície específica dos agregados (m^2/kgf); e,
M = "módulo de riqueza" em ligante.

O fator ***m***, que permite distinguir a noção de mistura rica ou pobre em ligante, da noção de composição granulométrica, assume diferentes valores conforme ou o tipo de betume utilizado ou os fins a que se destinam as misturas betuminosas. Para as condições presentes (CAP 50/70), Arrambide e Duriez recomendam um valor da ordem de 3,85. A substituição deste valor na expressão anterior, considerando as respectivas superfícies específicas dos agregados relativamente às faixas consideradas, definiu os teores ótimos em asfalto, indicados a seguir:

Tabela 13 – Teores ótimos de asfalto (Duriez)

TEORES ÓTIMOS DE ASFALTO (DURIEZ)		
MISTURA	**SUPERFÍCIE ESPECÍFICA ($m^2.kgf^{-1}$)**	**TEOR ÓTIMO EM ASFALTO**
FAIXA "B"	**5,295**	**5,1**
FAIXA "C"	**5,297**	**5,5**

✓ **Dosagem dos Teores Ótimos em Asfalto pelo Método Marshall**

Tomando por base os teores ótimos Duriez e as composições granulométricas básicas, realizaram-se em seguida os ensaios Marshall para determinar o teor ótimo de ligante das misturas e suas respectivas densidades aparentes; para o efeito foram moldados 5 corpos de prova e os resultados obtidos são os que se apresentam listados a seguir.

Tabela 14 – Dosagem das misturas asfálticas

DOSAGEM DAS MISTURAS ASFÁLTICAS			
PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS		MISTURAS ASFÁLTICAS	
		CAMADA D BINDER	CAMADA I DESGAST
FAIXA GRANUL MÉTRIC	DNIT	B	C
	THE ASPHALT INSTITUTE	IIIb	IVb
DOSAGE FINAL (% em pes	FILLER - CIMENTO PORTLAND	2%	2,9%
	AREIA	8,6%	9,5%
	PÓ-DE-PEDRA	20%	23,7%
	BRITA "0"	45,6%	44,6%
	BRITA "1"	19%	14,2%
	TEOR EM CAP- 50/70	5,0%	5,5%
MELHORADOR DE ADESIVIDADE (% SOBRE O CAP		0,5%	0,5%
DADOS DAS MISTURA	D_t - DENSIDADE TEÓRICA	2,44	2,42
	d - DENSIDADE APARENTE	2,34	2,33
	Vv - % VOLUME DE VAZIOS	4,1%	3,7%
	Vb - % VOLUME DE ASFALTO	12,9%	12,8%
	VAM - % VAZIOS DOAGREGADO MINER	17,0%	16,5%
	RBV - % RELAÇÃO BETUME/VAZIOS	75,9%	77,6%
	Va - % DE VOLUME DE AGREGADOS (%	83,0%	83,5%

A ressaltar apenas o fato de que tais resultados deverão ser devidamente *aferidos durante a execução das próprias obras de restauração*; os parâmetros padrões de comportamento relativos às características de resistência são os que se apresentam a seguir:

Tabela 15 – Parâmetros de resistência da mistura asfáltica

PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA DA MISTURA ASFÁLTICA		
MISTURA ASFÁLTICA	ESPECIFICAÇÃO	PROJETO
DNER FAIXA C (DNIT 031/2006)		
Estabilidade (kgf) (75 golpes)	> 500	900
Fluência DNER-ES-P 313/97	2,0 – 4,5	3,0
Relação betume/vazios	75 - 82	79
Resistência compressão Diametral	> 0,65	0,80
DNER FAIXA B (DNIT 031/2006)		
Estabilidade (kgf)	> 500 (75 golpes)	800
Fluência DNER-ES-P 313/97	2,0 – 4,5	3,0
Relação betume/vazios	65 – 72	69
Resistência compressão Diametral	> 0,65	0,80

Ademais, salienta-se o fato de a dosagem teórica referencial apresentada referir-se ao concreto betuminoso usinado a quente convencional. Entretanto, ressalta-se a indicação de concreto betuminoso usinado a quente com polímero que deve ser adquirido quando da execução.

4.2.8.4.3.3.Determinação das Temperaturas Médias de Trabalho das Misturas Asfálticas

Para a avaliação das **temperaturas de trabalho** das misturas asfálticas destinadas a compor o reforço do pavimento - fator que afeta sobremaneira seus comportamentos reológicos – procurou ter-se em conta concomitantemente os resultados decorrentes das avaliações de campo e dos dados climáticos disponíveis conforme a seguir descrito:

foram realizadas medições de temperaturas do ar ambiente e da superfície do revestimento, durante a campanha deflectométrica, utilizando o deflectógrafo FWD; os resultados obtidos são apresentados a seguir:

Para a avaliação das **temperaturas de trabalho** das misturas asfálticas destinadas a compor o reforço do pavimento - fator que afeta sobremaneira seus comportamentos reológicos – procurou ter-se em conta concomitantemente os resultados decorrentes das avaliações de campo e dos dados climáticos disponíveis conforme a seguir descrito:

- ✓ foram realizadas medições de temperaturas do ar ambiente e da superfície do revestimento, durante a campanha deflectométrica, utilizando o deflectógrafo FWD; os resultados obtidos são apresentados a seguir:

Tabela 16 – Temperatura do ar e superfície (deflectógrafo FWD)

TEMPERATURA DO AR E SUPERFÍCIE (DEFLECTÓGRAFO FWD)				
PISTA SIMPLES				
TEMPERATURA	AR AMBIENTE (ºC)		SUPERFÍCIE (ºC)	
	LADO DIREITO	LADO ESQUERDO	LADO DIREITO	LADO ESQUERDO
MÉDIA	20	21	28	30
MÁXIMA	25	27	40	42

Tabela 17 – Temperaturas médias do ar ambiente e do pavimento (deflectógrafo FWD)

TEMPERATURAS MÉDIAS DO AR AMBIENTE E DO PAVIMENTO DA GO-330		
PISTA SIMPLES (DEFLECTÓGRAFO FWD)		
RODOVIA	TEMPERATURA DO AR AMBIENTE (ºC)	TEMPERATURA DO PAVIMENTO (ºC)
GO-330	20,5	29

- ✓ Foram procedidas pesquisas para a avaliação das temperaturas do ar ambiente (médias) através dos dados disponibilizados pelo INMET, os quais evidenciaram

- ✓ ***Temperaturas médias*** foram estudados os dados constantes no INMET, entre os anos de 1991 e 2020, pertinentes à estação de Catalão/GO, a estação automática mais próxima do trecho. O valor médio de temperatura do ar encontrado foi de T_{ar} = 23,2ºC

Tabela 18 – Temperatura média – dados INMET

TEMPERATURA MÉDIA (INMET)	
TEMPERATURA (PERÍODO)	**AR AMBIENTE (ºC)**
Média (1991-2020)	**23,2**

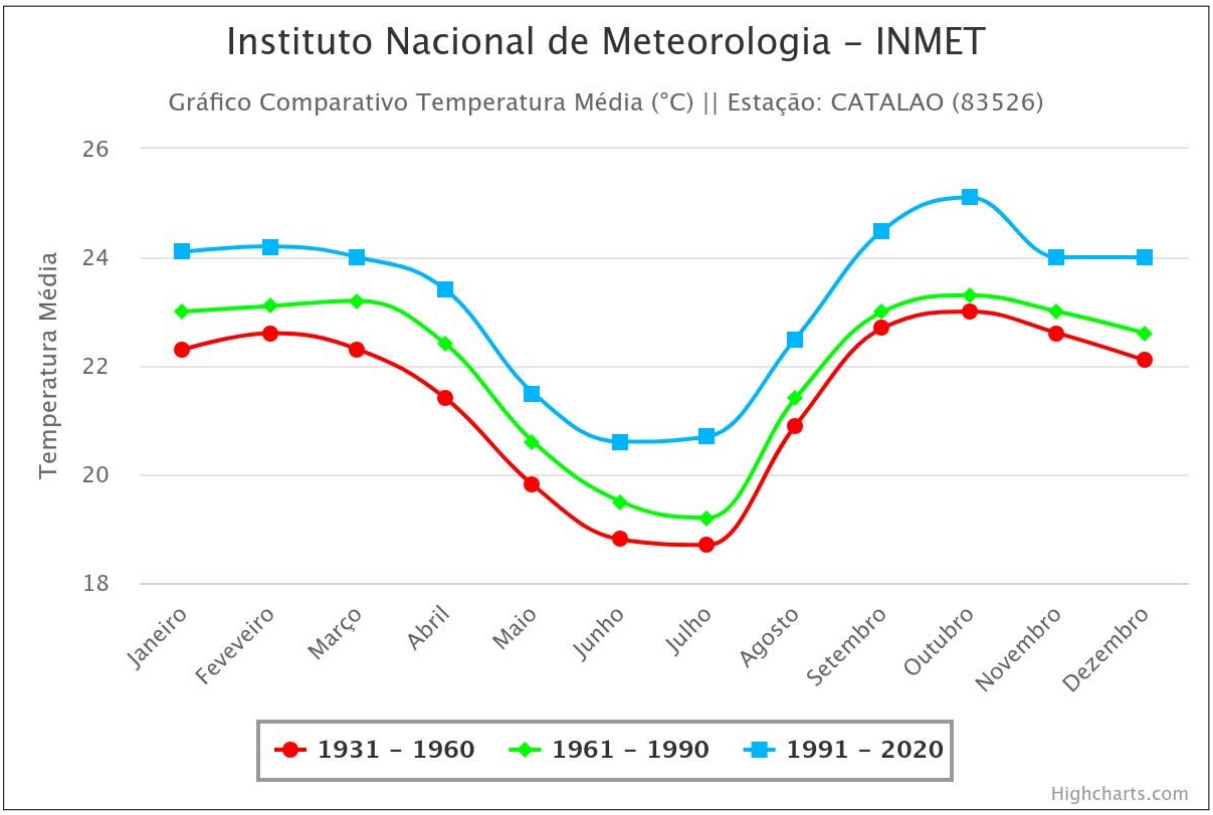


Figura 242 – Temperaturas Médias no período de 1931-2020 em estação situada em Catalão, próxima à GO-330.
(Fonte: INMET).

Na seleção da temperatura representativa das misturas betuminosas, procurou ter-se em conta, complementarmente, os estudos efetuados por M. Witczak (The Asphalt Institute), os quais culminaram com a proposição de uma expressão que traduz o gradiente decrescente da temperatura em camadas betuminosas a partir dos valores médios anuais da temperatura do ar ambiente (T_{ar}); a retromencionada expressão é a que se apresenta a seguir:

$$T_p = \frac{(0{,}39z + 4{,}95)T_a + 1{,}29z + 12{,}1}{0{,}39z + 4}$$

onde:

T_p = temperatura do pavimento à profundidade z (ºC)
T_a = temperatura média do ar ambiente (ºC)

Z = profundidade considerada tomada em relação à superfície da camada asfáltica (
Dos dados disponíveis, observou-se uma relativa correspondência entre as temperaturas do ar ambiente detectadas pelo FWD em relação às temperaturas médias obtidas através do INMET para o período de referência. Pelo fato do organismo INMET oferecer uma sequência controlada de resultados anuais, julgou-se mais confiável adotar como *temperatura média anual do ar ambiente* $\mathbf{T_{ar} = 23{,}2^{o}C}$.
Seguidamente, considerando a temperatura do ar ambiente, procurou-se avaliar o resultado traduzido pela aplicação da forma de M. Witczak, o qual, tendo em conta uma estrutura aprioristicamente considerada como representativa de um eventual reforço estrutural do pavimento existente, é o que se apresenta a seguir, de forma gráfica:

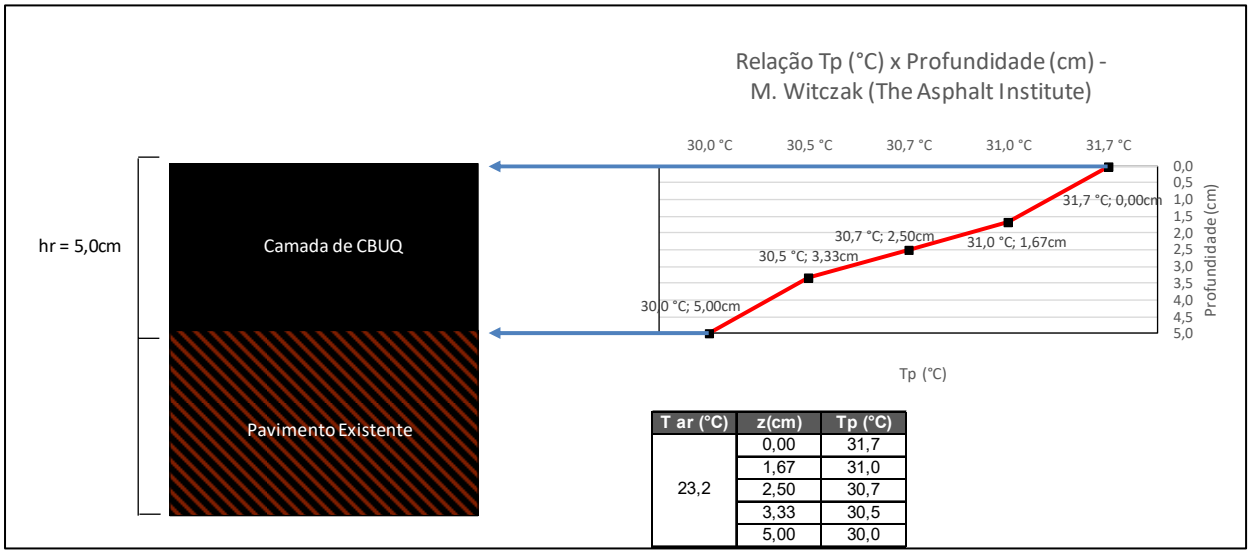


Figura 243 – Gradiente de temperatura em camadas betuminosas (Witczak).

Do resultado ilustrado, constata-se que para se definir a temperatura de trabalho representativa da mistura asfáltica – *média representativa dos períodos diurno e noturno ao longo de todo o ano* - considerou-se válida a proposição de **M. Witczak** de que a temperatura representativa das condições de trabalho de uma mistura é aproximadamente igual àquela que ocorre a uma profundidade, contada a partir da superfície, igual 2/3 de sua espessura. Desta forma, considerando-se uma espessura reforço representativa da ordem de **12,5 cm**, obtiveram-se os seguintes resultados:

- ✓ **Temperatura da camada asfáltica à superfície:**
  $\mathbf{T_{p\ (superfície)} = 31{,}7°\ C}$
- ✓ **Temperatura da camada de desgaste à 1/3 de profundidade:**
  $\mathbf{T_{p\ (z = 1{,}667\ cm)} = 31{,}0\ °C}$
- ✓ **Temperatura da camada de "binder" à 2/3 de profundidade:**
  $\mathbf{T_{p\ (z = 3{,}334\ cm)} = 30{,}5^{o}\ C}$

A ressaltar finalmente, apenas o fato de se ter considerado para a temperatura à superfície do pavimento o valor proposto pela fórmula de Witczak – ao invés do valor médio da temperatura medida presentemente à superfície do pavimento (FWD) – opção que se fundamentou no fato de as temperaturas medidas através do FWD não serem representativas de uma média anual; considerou-se ainda que a expressão de Witczak contempla, como parâmetro preponderante, a

temperatura do ar ambiente, a qual foi calculada tendo em conta resultados obtidos durante um longo período de tempo (INMET).

4.2.8.4.3.4. Características das solicitações impostas à superfície de um pavimento por uma carga móvel, rolante (tempo de aplicação de carga de frequência de solicitação) e suas influências nos valores dos módulos de rigidez dos concretos asfálticos

Primeiramente, torna-se importante destacar que, em termos reológicos, o comportamento viscoelástico das misturas asfálticas depende mesmo, de forma fundamental, é do *tempo de aplicação de carga*, o qual verdadeiramente rege as tendências comportamentais: maiores tempos de carga realçam a componente viscosa e menores tempos de carga realçam a componente elástica; a frequência constitui, na realidade, um artifício conceitual.

A título de exemplificar essa assertiva e a importância do tempo de aplicação de carga, basta lembrar que a aplicação de uma única carga sobre uma mistura asfáltica por um período longo – carga estática (tempo de aplicação infinito e frequência nula) – provoca deformações permanentes importantes, simplesmente pelo realce de sua componente viscosa: a mistura asfáltica flui sob a carga.

À potencialização desse comportamento reológico das misturas asfálticas soma-se ainda a temperatura, grandeza física que também detém a propriedade de realçar a componente viscosa dos materiais asfálticos, tanto mais, quanto mais elevada; as misturas asfálticas constituem, por conseguinte, materiais termossensíveis, e essa influência no fluxo e na deformação da matéria confere à *temperatura* uma autoridade tão fundamentalmente importante no comportamento de misturas asfálticas, quanto o *tempo de carga*.

Desse modo, torna-se essencial, nos cálculos dos valores modulares das misturas asfálticas, ter-se sistematicamente em conta o par homólogo – indissociável – dos parâmetros que ditam seus comportamentos reológicos: o *"tempo de carga" e a "temperatura"*, os quais condicionam, de forma notável, a magnitude da rigidez.

4.2.8.4.3.5. Tempos de Aplicação de Carga e Frequências de Solicitações

Destarte, para determinar o módulo dinâmico das camadas asfálticas torna-se fundamentalmente importante definir, com a devida acurácia, o tempo de aplicação que as cargas pesadas impõem ao pavimento, *o qual inclusivamente varia, de forma crescente, com a profundidade*, propriedade que será seguidamente explanada. De forma complementar, como os esforços impostos por uma carga móvel rolante são de natureza ondulatória – ondas senoidais – tem se empregado, de forma sinônima, o conceito de "*frequência da solicitação"*, definido pelo inverso do tempo de carga (f=1/t).

Sobre o termo "frequência de solicitação" de uma carga, cabe primeiramente esclarecer uma distinção conceitual entre duas citações muito usuais na Engenharia de Pavimentos, as quais, bastante distintas, podem induzir falhas de interpretação, dando margens a entendimentos por vezes confusos: *frequência de solicitação de uma carga* e *frequência de aplicação das cargas*.

A *frequência de solicitação de uma carga* corresponde à frequência de solicitação imposta ao pavimento, de forma cíclica, por *uma única carga móvel*, rolante, se deslocando em movimento retilíneo uniforme e que é estabelecida em função da velocidade angular – ou da relação entre

a velocidade retilínea (V) e o raio do pneumático (r). A *frequência de aplicação das cargas*, substancialmente distinta, é empregada para definir a assiduidade com que a carga dos veículos usuários acontece, dependente do volume de tráfego e ocorrente de forma fortuita, aleatória e contingente, não governada por qualquer tipo de regência matemática (sequências indisciplinadas de ocorrência).

Dessa diferenciação depreende-se que a agressão imposta a uma camada asfáltica - e ao restante do pavimento -, para além da magnitude da carga, é função da velocidade de deslocamento de um veículo comercial, grandeza que responde pelo aumento da frequência de solicitação imposta ao pavimento pelas rodas, *independentemente do número de eixos e de suas composições com rodas simples ou duplas*; quanto maior a velocidade de translação, menor o tempo de aplicação da carga e maior a frequência de solicitação, variável que responde de forma incisiva no comportamento dos materiais viscoelásticos: tempos de carga elevados/frequências baixas respondem pelo realce da componente viscosa, que replicam na redução de sua rigidez (menores valores modulares).

Por outro lado, torna-se necessário ter em conta que as cargas aplicadas à superfície de um pavimento são transmitidas a partir de áreas de contato pneu–pavimento aproximadamente circulares e se distribuem, em profundidade, sob a forma de um *tronco de cone*, cujas geratrizes externam inclinações ditadas pela rigidez de cada camada constitutiva.

Assim, no âmbito de um pavimento típico, composto de camadas sobrepostas ao solo de fundação, as pressões induzidas à superfície se distribuem em profundidades com intensidades ditadas pelas características dos materiais, os quais ditam as inclinações das geratrizes do tronco de cone: mais espraiadas ou suaves quando da presença de materiais mais rígidos (concreto asfáltico) e mais severas ou acentuadas, quando da presença de materiais menos rígidos (camadas granulares), conforme ilustrado de forma esquemática apresentada na sequência:

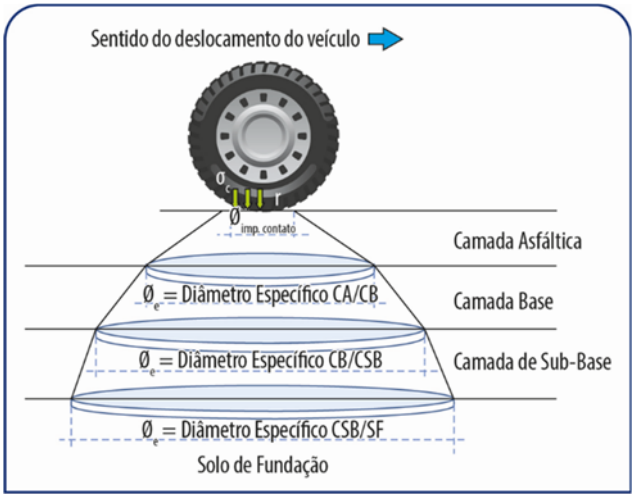


Figura 244 - Diâmetros específicos das áreas de carga na superfície e nas interfaces entre camadas

Sob tal conceituação, o tempo de submissão de um elemento interno do pavimento a uma carga rolante, distribuída à superfície sobre uma área circular, se estabelece por meio de sua interação com a carga – processo que se institui durante a aproximação, sobreposição e afastamento da carga móvel – distinção que depende da *velocidade de deslocamento do veículo* e da *profundidade do ponto considerado*; conforme já evidenciado, *as áreas de distribuição das cargas com a profundidade são circulares, com diâmetros específicos variáveis e crescentes*.

Considerando uma velocidade de translação constante, as tensões verticais de compressão induzidas à superfície se distribuem com a profundidade através de "troncos de cone" – atrelados ao aumento projecional definido por suas "saias" de distribuição –, particularidade que propicia distintas solicitações aos elementos dispostos em planos mais profundos, de fácil imaginação se se tiver em conta o "*deslocar da saia de solicitação*" solidário ao deslocamento da carga móvel, rolante.

O tronco de cone das tensões se locomove solidariamente com a carga e sua *geratriz de avanço* atinge pontos dispostos à maiores profundidades antes da sua sobreposição pela carga, sob carga se mantendo até que a geratriz de retaguarda o ultrapasse. As áreas circulares em profundidade, externam diâmetros específicos cada vez maiores com a profundidade, recebem tensões verticais de compressão cada vez menores, entretanto cada vez mais duradouras (quanto mais profundas, maiores os tempos de aplicação da carga).

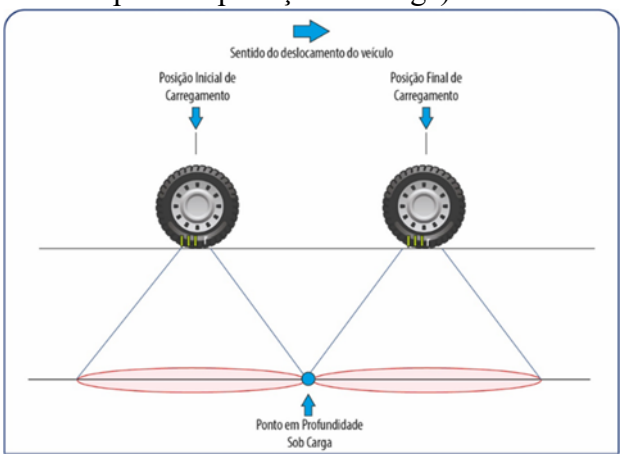


Figura 245 - Atuação da zona de influência das cargas e processo de solicitação de um ponto no interior do pavimento.

Desta forma, considerando constante a velocidade de deslocamento de uma carga móvel à superfície, o tempo de solicitação de um elemento no interior do pavimento corresponde ao tempo necessário para que o *diâmetro específico* em profundidade o translade; o tempo de submissão à carga será, portanto, determinado por meio da relação elementar: t = d/v e, por conceituação física, seu inverso definirá a frequência de solicitação.

Em que pesem algumas considerações teóricas sobre os tempos de carga, existe uma dedução insofismável sobre o *tempo real* de solicitação de um *elemento unitário disposto sobre a superfície* de um pavimento quando da passagem de uma carga móvel, rolante, com uma impressão de contato dos pneus circular, externando determinado diâmetro: o tempo de carga é igual ao tempo para a impressão de contato transladá-lo, ou seja, o tempo que o elemento superficial, ao entrar na zona de influência da impressão de contato (em movimento), fica sobreposto até que seja ultrapassado.

Sob essas condições de carregamento, considerando a velocidade de um veículo pesado da ordem de 80km/h (22,22m/s) e uma impressão de contato com diâmetro igual 21,6cm (0,216m), o tempo de submissão de um elemento superficial à carga aplicada $t_c = 0{,}01s$, calculado pela expressão elementar.

$$t_c = \frac{distância}{velocidade} = \frac{Ø_{impressão\ de\ contato}}{V} = 0{,}01s$$

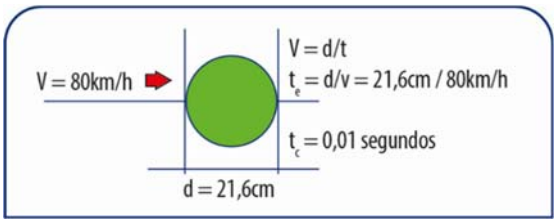


Figura 246 - Tempo de aplicação de carga real de um eixo-padrão sobre um pavimento

Outra forma de se avaliar o real tempo de carga sofrido por um *elemento superficial* do pavimento *durante a translação de um veículo pesado* pode ser apreciada considerando o diâmetro da impressão de contato (*Ø = 21,6cm*) distribuído sequencialmente ao longo da circunferência externa de um pneu-padrão *(2p = 2πR)* que externa um diâmetro médio igual a 45 polegadas – raio igual a 22,5 polegadas - e calcular o tempo de solicitação exercido por cada impressão de contato durante o seu percurso:



Figura 247 - Distribuição das impressões de contato impostas no pavimento por um veículo carregado.

$$perímetro\ 2p = \ 2\pi R = 2\ x\ 3{,}1416\ x\ (22{,}50\ x\ 2{,}54) = 359{,}08\ cm$$

Número de impressões de contatos cabíveis no perímetro ilustrado na figura acima:

$$\frac{2p}{Ø_{impressão\ de\ contato}} = \frac{359{,}08}{21{,}6} = 16{,}62\ impressões$$

Como o tempo total de revolução do pneu se deslocando a 80 km/h é igual a:

$$t_c\ = \ 0{,}162\ s$$

o tempo de carregamento exercido durante cada impressão de contato será igual a:

$$t_{c\ (impressão\ de\ contato)} = \frac{0{,}162}{16{,}62} \qquad \therefore \qquad t_c = 0{,}01s$$

valor que permite inferir, em termos de *conceituação física, que a frequência de solicitação proporcionada por uma carga móvel, rolante, em um ponto superficial do pavimento, é da ordem de 100Hz*.

À guisa de ajuizar as presentes determinações, vale destacar que as avaliações do sistema pavimento - solo de fundação quando processadas por meio do emprego do FWD, são determinadas por ensaios realizados à superfície com tempos de carga bastante similares, com o pico da carga ocorrendo a cerca de 12ms, ou seja, $t_c = 0{,}012$ *segundos* – tempo de aplicação da carga de 8ms a 12ms (4ms) e tempo de descarga de 12ms a 29ms (17ms); essas constatações constam das saídas típicas dos equipamentos FWD.

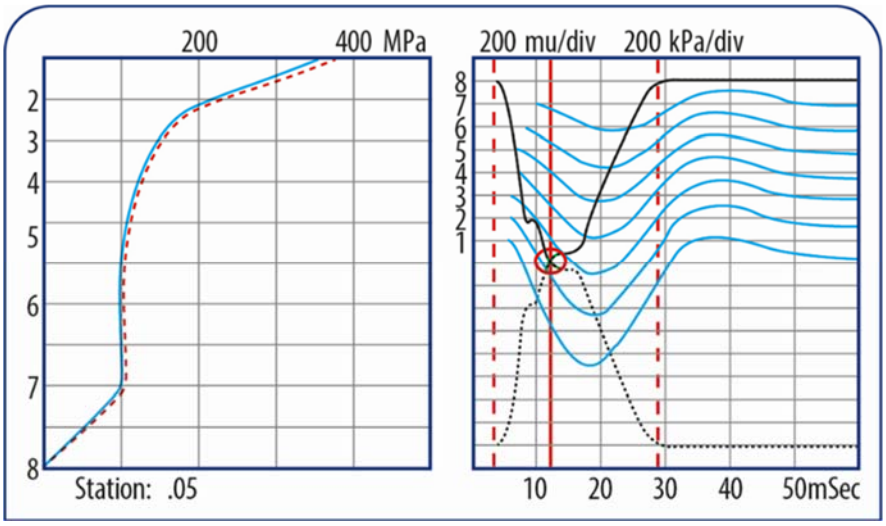


Figura 248 - Registro da magnitude e dos tempos de aplicação da carga e de propagação das ondas captadas pelos diferentes geofones.

Em que pese o FWD gerar ondas localizadas e fixas numa determinada seção – o último geofone acusa a carga somente por volta dos 23ms, disciplinadas por uma frequência de solicitação imposta à superfície $f = 83Hz$, bastante aproximada daquela impingida por uma carga móvel, rolante ($f = 100Hz$). Destaque-se complementarmente a notável manifestação do comportamento reológico da mistura asfáltica – material viscoelástico – traduzida pela diferença externada entre o tempo de aplicação da carga máxima (12ms) e o tempo de acusação da deformação máxima (18ms).

4.2.8.4.4. Determinação dos Módulos de Rigidez das Misturas Asfálticas

O conhecimento preciso do módulo de rigidez das misturas asfálticas constitui essência fundamental para a avaliação, diagnóstico e dimensionamento de pavimentos e também para a estimativa de seus desempenhos.

O processo ideal de determinação dos valores modulares consiste na realização de ensaios laboratoriais que empregam distintos métodos de ensaio, os quais recebem diferentes denominações consoante o tipo de carga aplicada: *Módulo Dinâmico* e *Módulo Resiliente,* que são determinados por carregamentos dinâmicos mas diferem pelas frequências de aplicação das cargas: no primeiro, as cargas são aplicadas de forma continuada pelo menos em três frequências distintas, dispostas no intervalo de 0,1 a 25Hz à 5 temperaturas diferentes, enquanto no segundo, consideram-se períodos de repouso (usualmente tempos de carga igual a 0.1s e de repouso igual a 0,9s, aplicados a uma temperatura fixa).

Os métodos de ensaio mais tradicionais são os de rigidez flexural (tração na flexão considerando um ou mais pontos de carga e flexão de consolas trapezoidais) que possibilitam a determinação do Módulo Complexo (Dinâmico) e o de Tração Indireta por Compressão Diametral, que

permite a determinação do Módulo Resiliente; cabe destacar sobre este último método o fato de ter sido ele concebido e desenvolvido pelo emérito *professor Lobo Carneiro*, conhecido na Europa como *Ensaio Brasileiro*.

Em face, entretanto, das dificuldades naturais de realização desses ensaios, que demandam equipamentos sofisticados e condições especiais de execução (calibrações, LVDT, extensômetros e temperatura), particularidades que se somam aos seus custos bastante elevados, vários organismos e entidades rodoviárias e universidades, mundialmente reconhecidos, se propuseram a estudar famílias de misturas asfálticas e, com base nos resultados obtidos, estabelecer correlações estatísticas para predição de valores modulares; as pesquisas desenvolvidas resultaram do desenvolvimento de equações preditivas e em nomógrafos, dentre os quais podem ser destacados os de Saunier, Heukelom e Klomp, van der Poel, McLeod, Shell, Asphalt Institute, etc.

Dentre os principais centros de pesquisa/pesquisadores de soluções preditivas de valores modulares de misturas asfálticas, podem ser referenciados como de altíssimas qualificações científicas os seguintes:

- Procedimentos analíticos:
    - The Asphalt Institute (Mathews Witczak);
    - Shell Technology Centre Amsterdam - KLSA (C. van Der Poel);
    - Centre de Recherches Routières (L. Francken e J. Verstraeten);
    - Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (J. Saunier)
- Procedimentos fundamentados no Cálculo das Isotérmicas Mestras:
    - Laboratório Nacional de Engenharia Civil (P. Gontijo);

os quais foram utilizados pela *Metodologia Paragon* durante uma vintena d'anos; no âmbito da seleção do valor representativo adotou-se, nos primórdios, o valor modular médio.

A partir de 1995, entretanto, a metodologia passou-se a empregar, de forma sistemática, a equação preditiva desenvolvida em conjunto por professor *Mathews Witczak* e *Coronel Engenheiro Osvaldo Albuquerque Fonseca* – brasileiro ilustre, do Comando da Aeronáutica Brasileira e doutor pela University of Maryland –, cujo modelo se apresentava superior aos demais, pois permitia a avaliação de módulo dinâmico para uma grande variedade de misturas/propriedades asfálticas, tendo em conta ainda os distintos graus de envelhecimento do ligante asfáltico em curto e longo prazo; os ensaios realizados foram efetuados a f = 1 - 6 e 16Hz.

Mais recentemente (2002), todavia, com as experimentações processadas no âmbito do Programa SHRP (Long Term Pavement Performance) e a proposta dos americanos de desenvolverem um Guia de Dimensionamento de Pavimentos e de seus Reforços Estruturais, os pesquisadores incorporaram à base de dados originais de Fonseca e Witczak uma enorme massa de dados, os quais foram devidamente tratados.

A proposição de recalibrar a equação preditiva de Fonseca e Witczak se fundamentou no fato de que os princípios estatísticos clássicos não recomendam a extrapolação de qualquer modelo para além das variáveis contidas na população tratada; consideraram, assim, que a equação, embora embasada em um notável banco de dados composto de 1.430 amostras apreciando 149 misturas, só contemplava misturas que empregam cimentos asfálticos convencionais, particularidade que não a qualificava para o caso dos cimentos asfálticos modificados.

Complementarmente, consideraram ainda que o banco de dados original cobriu apenas uma faixa estreita de tipos de aglutinante e questionaram a geometria e o processo de compactação, por amassamento, empregado na confecção dos espécimes cilíndricos (4" de diâmetro por 8" de altura).

Os resultados obtidos permitiram o estabelecimento de uma nova equação preditiva dos módulos das misturas asfálticas; esses resultados constam do *NCHRP - Guide for the Design of New and Rehabilitated Pavement Structures – Development of a Revised Predictive Model for the Dynamic (Complex) Modulus of Asphalt Mixtures*.

O programa de pesquisas complementares, também conduzido pelo *professor Witczak*, que permitiu incorporar ao antigo banco de dados os resultados obtidos de ensaios realizados com frequências de 0,1 – 1,0 – 25Hz em cerca de 1.320 amostras contemplando 56 misturas asfálticas diferenciadas: 34 misturas constituídas com cimentos asfálticos modificados e 22 com asfaltos convencionais; para cada mistura, foram ensaiadas de 20 a 30 amostras, todas obtidas por compactação com prensa de cisalhamento giratório (espécimes com diâmetro de 7,0cm por 15,0cm de altura).

O novo banco de dados cobriu ainda uma gama muito maior de valores de viscosidades, determinadas para cada temperatura de ensaio (20 tipos de aglutinantes asfálticos e 5 temperaturas de ensaio) e foram consideradas 39 composições granulométricas distintas.

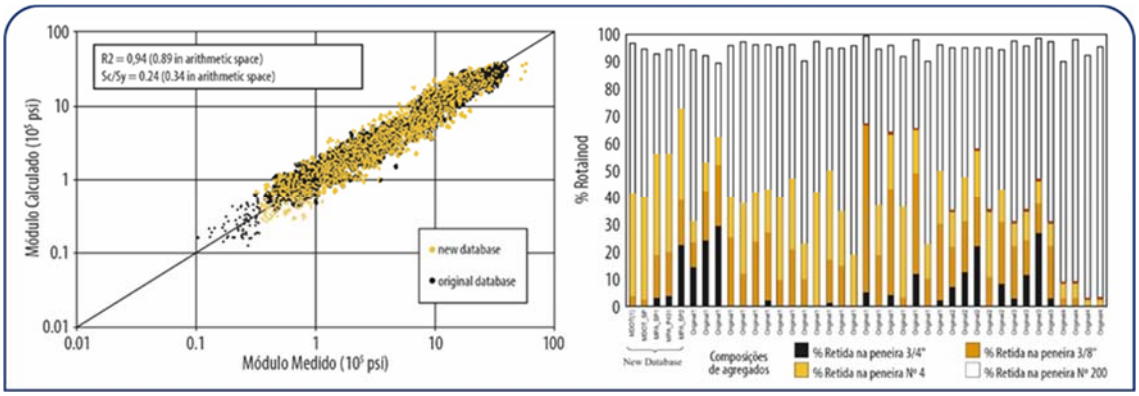


Figura 249 - Correlações entre os valores modulares de misturas asfálticas medidos e calculados pela equação preditiva e graduações granulométricas consideradas (Fonte NCHRP 1-37).

Dessa forma, tendo em conta que o modelo de fadiga resultante externou elevadíssima precisão (coeficiente de regressão R2 = 0,941, Se/Sy = 0,244) entre os valores medidos e calculados, julgou-se sólido passar a adotar a equação preditiva para determinação do módulo dinâmico de mistura asfáltica desenvolvida no âmbito do NCHRP, adoção alicerçada pela contemplação intrínseca de diferentes graus de envelhecimento, de distintas composições granulométricas – *desde misturas de areia-asfalto até misturas densas* – e de uma notável gama de *cimentos asfálticos modificados e convencionais*.

Afiançou ainda essa opção o fato de o modelo final não perder a precisão nem mesmo nas condições extremas de temperatura/frequência. Assim considerando, no âmbito da *Metodologia Paragon*, passou-se a adotar a equação preditiva apresentada a seguir para cálculo do módulo de rigidez de misturas asfálticas:

$$logE = -1{,}249937 + 0{,}029232.p_{200} - 0{,}001767.(p_{200})^2 - 0{,}002841.p_4 - 0{,}058097.V_v - \\ - 0{,}802208\frac{V_b}{(V_b + V_v)} + \frac{3{,}871977 - 0{,}0021.p_4 + 0{,}003958.p_{3/8} - 0{,}000017.(p_{3/8})^2 + 0{,}005470.p_{3/4}}{1 + e^{(-0{,}603313 - 0{,}313351.\log(f) - 0{,}393532.\log(\eta))}}$$

em que:

E = Módulo dinâmico da mistura asfáltica (x10^5.psi);
η = Viscosidade do ligante asfáltico (x10^6 Poises) (qualquer temperatura ou grau de envelhecimento);
f = Frequência de aplicação da carga (Hz);
V_v = Volume total de vazios na mistura (%);
Vb = Teor volumétrico de asfalto (%);
$p_{3/4}$ = % acumulada retida na # 3/4 (19mm) em relação ao peso total de agregados;
$p_{3/8}$ = % acumulada retida na # 3/8 (9,5mm) em relação ao peso total de agregados;
p_4 = % acumulada retida na # 4 (4,76mm) em relação ao peso total de agregados;
p_{200} = % *passando* na peneira # 200 (0,076mm) em relação ao peso total de agregados.

Em que pese as equações preditivas terem sido desenvolvidas por meio de resultados obtidos em ensaios de carga em laboratório e estendidas para uma ampla gama de frequências com base no cálculo das *Isotérmicas Mestras* – forma sigmoidal definida com base na lei de equivalência frequência *versus* temperatura –, a dificuldade maior para seu emprego consiste, seguramente, na *definição da frequência de solicitação das cargas aplicadas*.

Portanto, tendo-se em conta todas as variáveis intervenientes nas características reológicas – tal como a temperatura do ar e da superfície do referido pavimento, respectivamente determinadas pela expressão de Witczak – da mistura asfáltica considerada, pôde-se determinar o seu respectivo **"módulo de rigidez"**, agora não como um exemplo explicativo, mas sim como uma situação específica aplicada. Para o efeito, foi selecionada a metodologia proposta pelo ***Professor Mathews Witczak*** e pelo ***Coronel Engenheiro Osvaldo Albuquerque Fonseca*** e aperfeiçoada pelo ***NCHRP 1-37***, já descrita no presente arrazoado. Para fins de contextualização, expõe-se a seguir os valores calculados para as diferentes variáveis contempladas e, finalmente, para o módulo de rigidez do Concreto Asfáltico Usinado a Quente Faixa "C" proposto.

De igual forma, a título complementar e também de aferição, julgou-se válido a apresentação dos resultados obtidos por Gontijo no Laboratório Nacional de Engenharia Civil em Portugal, estabelecido com base na determinação das Isotérmicas Mestras desenvolvidas para uma mistura asfáltica composta com a Faixa C do DNIT. O resultado é apresentado a seguir e confirma, com grande precisão, o valor modular obtido por *Witczak* e *Fonseca*.

Tabela 19 – Características de constituição, de solicitação e estruturais de camada asfáltica – considerações específicas.

CARACTERÍSTICAS DE CONSTITUIÇÃO, DE SOLICITAÇÃO E ESTRUTURAIS DE CAMADA ASFÁLTICA – CONSIDERAÇÕES ESPECÍFICAS		
CARACTERIZAÇÃO DA MISTURA ASFÁLTICA - CBUQ FAIXA "C"		
PARÂMETROS	**CARACTERÍSTICAS**	**FAIXA "**
CAMADA DE REFORÇO	Espessura da camada de reforço - e (cm)	12,5
	Profundidade para cálculo da temperatura - z (cm)	4,17
CARGA	Raio de impressão de contato - r (cm)	10,8
	Velocidade do veículo - V (m/s)	80
	Tempo de aplicação da carga - tc (s)	0,054
	Frequência {Ø = 2(r + $Z_{prof.}$) e $Z_{prof.}$ = (D_e/2) – r} - f (Hz)	18,51
TEMPERATURA	Temperatura média do ar ambiente - Ta (ºC)	25,0
	Temperatura da mistura asfáltica à superfície - Tps (ºC)	34,0
	Temperatura da mistura asfáltica à profundidade z = 4,17 - Tpz (°C)	32,3
	Temperatura da mistura asfáltica à profundidade z = 4,17 - Tpz (ºF)	90,14
	Temperatura da mistura asfáltica à profundidade z = 8,33 - Tpz (°C)	31,4
	Temperatura da mistura asfáltica à profundidade z = 8,33 - Tpz (ºF)	88,52
LIGANTE ASFÁLTICO	Penetração a 25° C - pen (mm²)	56,00
	Temperatura de amolecimento Anel & Bola - Tab (ºC)	49,70
	η - Viscosidade absoluta a 77 ºF x 10^6 (Poises)	2,10
	Índice de penetração - IP	-1,01
	Módulo de rigidez (Van Der Poel) - (N/m²)	8,33x1(
MISTURA ASFÁLTICA	Percentagem passando na peneira 200 - P200 (%)	2,5
	Percentagem acumulada retida na peneira #3/4 (19,0 mm) - P3/4 (%)	0,4
	Percentagem acumulada retida na peneira #3/8 (9,5 mm) - P3/8 (%)	22,7
	Percentagem acumulada retida na peneira #4 (4,76 mm) - P4 (%)	49,6
	Teor volumétrico em agregados - Va (%)	82,57
	Teor volumétrico em asfalto - Vb (%)	12,81
	Volume de vazios - Vv (%)	3,72
	Concentração volumétrica - Cv (%)	85,76
	Teor de asfalto em peso - $t_{b(p)}$ (%)	5,5

Módulo de Rigidez da Camada Asfáltica Adotado		
Módulos Dinâmicos da Mistura Asfáltica (Equação Preditiva NCHRP 1-37)	psi	5930
	kgf/cm²	40900

Figura 250 – Valor referencial utilizado como módulo de rigidez da camada asfáltica proposta.

De igual forma, a título complementar e também de aferição, julgou-se válido a apresentação dos resultados obtidos por Gontijo no Laboratório Nacional de Engenharia Civil em Portugal, estabelecido com base na determinação das Isotérmicas Mestras desenvolvidas para uma mistura asfáltica composta com a Faixa C do DNIT. O resultado é apresentado a seguir e confirma, com grande precisão, o valor modular obtido por *Witczak* e *Fonseca*.

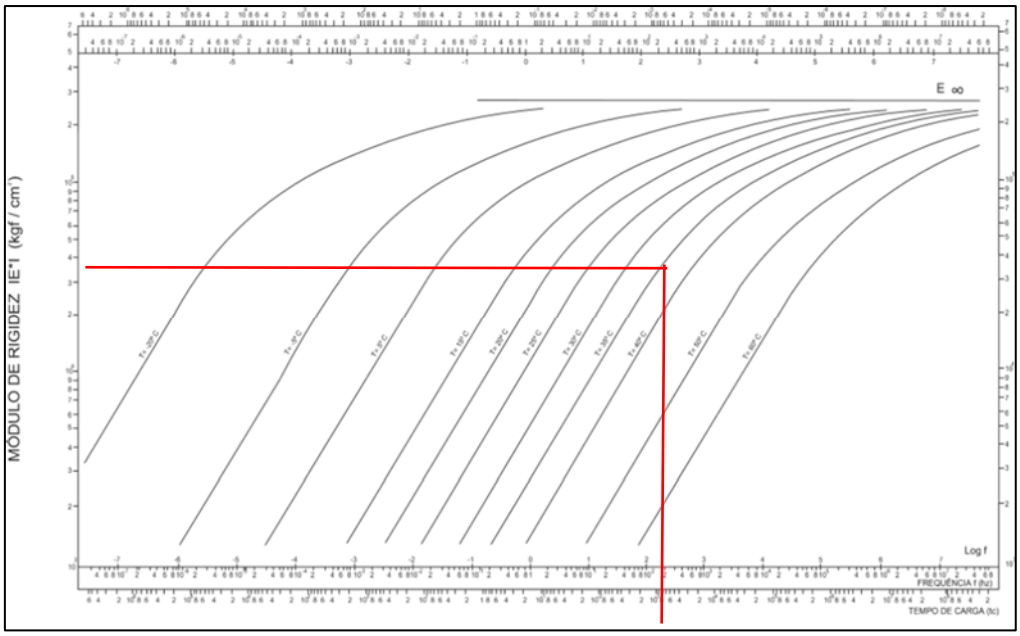


Figura 251 – Isotérmicas-mestras para os módulos de Rigidez da Mistura Asfáltica (CAUQ Faixa "C").

4.2.8.4.5. Lei de Fadiga da Mistura Asfáltica Selecionada para Camada de Reforço

Conforme relatado anteriormente, o ideal para definir a Lei de Fadiga de misturas asfálticas é promover ensaios de laboratório que empregam corpos de prova adequadamente confeccionados e moldados. Entretanto, como os ensaios de fadiga ainda não fazem parte de nossos quotidianos laboratoriais, a solução consiste no emprego de leis preditivas, procedimento que se justifica pelo respaldo de numerosas e constantes – dados coletados há mais de meio século – pesquisas conduzidas por algumas instituições normativas e de pesquisa de notório conhecimento e reconhecimento.

No âmbito do presente Projeto de Restauração foi selecionado o modelo de fadiga o proposto pelo The Asphalt Institute *(Manual Series MS-1)*, estabelecido com base em resultados de numerosas e constantes experimentações; o modelo é definido pela seguinte Lei de Fadiga:

$$N_f = 0{,}004325 \times C \times \left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^{3{,}291} \times \left(\frac{1}{E}\right)^{0{,}854}$$

em que:

N_f = Número terminal de solicitações do eixo-padrão rodoviário;
ε_t = Deformação específica horizontal na fibra inferior da camada betuminosa;
E = Módulo de rigidez da mistura, em *psi*;
C = Fator de ajustagem na formulação de diferentes misturas por meio da equação:

$$C = 10^M$$

Onde:

$$M = 4{,}84 \times \left(\frac{V_b}{V_v + V_b} - 0{,}69\right)$$

em que:

V_v = Volume de vazios;
V_b = Teor efetivo de betume (%).

Ressalte-se, inclusive, o fato de o The Asphalt Institute ter utilizado um fator ajuste dos resultados de laboratório-campo igual a *18,4*, considerando um *nível de fissuração – nas trilhas de roda – igual a 20%.*

4.2.8.4.6. Lei de Resistência à Fadiga Selecionada para a Camada de Revestimento Existente

Conforme explicitado anteriormente, a *Metodologia Paragon* preconiza também avaliar as condições de resistência à fadiga da *camada de revestimento existente* quando ela ainda externa condições de trabalho contributivo, traduzido por percentuais de trincamento máximos da ordem dos 20%, sob condições especiais, a 30%, considerados quando da definição de aproveitamento da camada existente na estrutura a ser reforçada.

Dessa forma, para avaliação do comportamento à fadiga da camada de revestimento existente – que continuará prestando seus serviços mesmo após a restauração do pavimento –, a *Metodologia Paragon* selecionou a lei proposta pela FHWA – Federal Highway Administration (1985), a qual tem em conta parâmetros de formulação da mistura existente e dos ligantes recuperados que permitem a avaliação de seu comportamento residual; nessa proposição de lei previsional são considerados os seguintes parâmetros principais:

- o módulo de rigidez do revestimento existente definido com base nas retroanálises;
- a deformação específica máxima de tração atuante calculada na face inferior da camada de revestimento asfáltico e
- as características fundamentais do ligante asfáltico recuperado, obtidas por meio de ensaios especiais.

Na seleção dessa equação teve-se também em conta a contemplação dos percentuais de trincamento existentes, das características de composição da mistura asfáltica existente (teores volumétricos) e dos parâmetros definidores das caraterísticas fenomenológicas e reológicas dos asfaltos recuperados (penetração, temperatura de amolecimento, índice de suscetibilidade térmica, índice de penetração, etc.).

A título de acautelamento, cumpre lembrar que a definição da lei de desenvolvimento dos esforços de tração atuantes para a mistura asfáltica antiga – naturalmente combalida, muitas vezes externando fissurações consideráveis que, inclusive, respondem pela demanda das obras de restauração do pavimento existente –, embora de fácil cálculo, foi vislumbrada com reservas, tarefa bastante delicada que exigiu muita meticulosidade e prudência.

Em sua consideração teve-se em conta que o "alívio" proporcionado à camada existente pela sobreposição da camada de reforço "fecha o cerco" a eventuais falhas por omissão, as quais podem responder por insucessos casuais, derivados de um colapso prematuro imposto ao reforço estrutural por inadequabilidade comportamental da camada de revestimento.

***HWA – Federal Highway Administration (1985)*:**

$$N_f = F_i \times 2{,}67 \times 10^{-10} \times \beta^5 \times \varepsilon_t^{-5} \times /E^*/^{-1,4}$$

em que:

N_f = *Vida de fadiga da camada asfáltica;*
β = *0,300 x PI - 0,015 x PI x V_b - 0,198;*
PI = (20 - 500 x IST) / (1 + 50 x IST);
IST = (log 800 - log Pen) / (T_{ab} - T_{pen});
E^* = *Módulo dinâmico (KSI);*
ε_t = *Deformação máxima de atração atuante na camada asfáltica;*
IST = Índice de suscetibilidade térmica do asfalto;
PI = Índice de penetração do asfalto;
T_{ab} = *Temperatura de amolecimento Anel & Bola;*
T_{pen} = *Temperatura do ensaio de penetração (Fº);*
V_b = *Volume de asfalto (%);*
F_i = *Fator de calibração do modelo;*
a) 12,32 para 10% ou menos de área com trincas FC-2;
b) 16,20 para 20% de área com trincas FC-2.

4.2.8.4.7. Lei de Resistência à Deformação Permanente para o Solo de Fundação

Para a seleção da lei preditiva da resistência específica do solo de fundação às deformações específicas de compressão, procurou-se adotar procedimentos de avaliação fundamentados em análises mecanísticas, vislumbrando o conjunto pavimento solo de fundação no âmbito de sistemas estratificados disciplinados pela Teoria da Elasticidade, solicitado por cargas similares àquelas aplicadas na realidade e estabelecidas em função do número de repetições de carga.

Após as devidas análises, a solução final recaiu na equação previsional preconi-zada pela Shell Koninklijke Laboratorium Amsterdam – SKLA (Dormon & Metcalf – *Design curves for flexible pavements based on layered system theory. Highway Research Record, Number 71, Flexible Pavement Design, Highway Research Board, Washington, D. C., 1965, p. 69-84*.).

Dessa forma, adotou-se a equação preconizada por Dormon & Metcalf, respaldada ainda pelo fato de ser aplicada por diversas instituições de notório reconhecimento, podendo-se destacar, dentre outras, o Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo (DER-SP), reescrita da seguinte forma:

$$N = 6{,}069 \times 10^{-10} \times \left(\frac{1}{\varepsilon_v}\right)^{4{,}762}$$

em que:

ε_v = Deformação específica vertical máxima admissível no topo do subleito;
N = Número terminal de solicitações do eixo-padrão rodoviário.

4.2.8.4.8. Características das solicitações máximas impostas no pavimento (estrutura estratificada) submetida a carregamento externo por cargas móveis e definição das solicitações críticas

4.2.8.4.8.1. Considerações Gerais

O procedimento metodológico fundamenta-se na verificação das resistências à fadiga das camadas asfálticas – reforço estrutural e revestimento existente – e à deformação permanente dos solos de fundação, condições que demandam necessariamente o cálculo dos esforços atuantes – na face inferior das camadas asfálticas e no topo do solo de fundação – e dos esforços resistentes intrínsecos a cada um dos materiais componentes.

Para a concretização dessas exigências, torna-se primeiramente imperioso definir o *módulo de elasticidade* da camada asfáltica de reforço, o qual deve ser definido a partir das condições de solicitação a serem impostas ao pavimento por uma carga móvel, rolante, tendo em conta concomitantemente as características físicas e volumétricas de constituição da mistura asfáltica selecionada, as características de viscosidade do ligante asfáltico eleito e a frequência de solicitação representativa das cargas móveis circulando a uma determinada velocidade sobre o pavimento.

É importante evidenciar que as solicitações impostas por uma roda em movimento carecem de conhecimento específico, pois dependem da velocidade de translação do veículo e a frequência de solicitação varia, de forma decrescente, com a profundidade, particularidade que evidencia a variação dos valores modulares de uma camada asfáltica com a profundidade, disciplinados por um gradiente de rigidez decrescente.

A etapa seguinte se volve para o cálculo dos esforços atuantes na face inferior das camadas asfálticas e no topo do solo de fundação, procedimento que demanda, primeiramente, a definição das condições de carregamento e os posicionamentos de solicitação máxima, atentando para as influências relativas às solicitações de um par de rodas gêmeas que caracteriza um semieixo-padrão; nessas avaliações, necessário se torna considerar o diâmetro e os distanciamentos das impressões de contato, as cargas por roda e as tensões de contato exercidas à superfície.

Quanto à definição dos esforços resistentes intrínsecos à mistura asfáltica selecionada e ao solo de fundação, sabe-se que o procedimento mais apropriado consiste também na execução de ensaios laboratoriais com o objetivo de definir as respectivas vidas de fadiga, estabelecidas em função da aplicação de cargas de diferentes magnitudes e do número de repetições para conduzir os materiais ao dano final. Entretanto, à falta de procedimentos de ensaios mais usuais e das incertezas de qualquer similitude entre as misturas ensaiadas em laboratório e as misturas a serem produzidas no canteiro de obra, julgou-se que a solução alternativa mais adequada consiste na aplicação de equações preditivas consistentes e confiáveis.

4.2.8.4.8.2. Definição das Características de Carregamento e dos Pontos de Solicitação

Para processar o cálculo dos esforços sobre o sistema, considerando uma sequência crescente de espessuras de reforço, faz-se necessário definir inicialmente as *condições de carregamento*, as quais devem ser o mais similar possível daquelas exercidas pelos veículos comerciais que atuam sobre o sistema composto do conjunto pavimento - solo de fundação.

Em uma etapa anterior verificou-se que um caminhão dotado de um eixo simples (2 pares de rodas gêmeas) carregado com 8,2 toneladas (18 kips) seria representativo das condições de solicitação impostas pela frota de veículos pesados brasileira; sob tais condições, definiu-se também que cada uma das rodas gêmeas distribuía os seus 2.050kgf sobre impressões circulares com raios da ordem de 10,8cm, distanciadas entre si (bordo a bordo) por extensões da ordem de 10,4cm, exercendo pressões de contato iguais a 5,6kgf/cm².

Nessa consideração específica, verifica-se primeiramente que as condições de solicitação de campo são substancialmente distintas daquelas impostas pelo FWD – aplicação de carga única –, a partir da qual foram medidas as linhas de influência experimentais e determinados os módulos de elasticidade das camadas e do solo de fundação existentes.

Sob essas circunstâncias, tendo-se em conta os procedimentos até então adotados, o mais "coerente" seria dar continuidade ao processo de cálculo dos esforços atuantes nas camadas (tensões horizontais de tração) e no solo de fundação (verticais de compressão) considerando um carregamento externo como processado por uma carga circular única, capaz de exercer uma pressão de contato σ_c = 5,6kgf/cm² no pavimento; essa proposição seria coerente com o raciocínio conceptivo original.

A título de ilustrar esse condicionamento teórico, exibe-se a seguir, na figura que se segue, a representação esquemática da solicitação de uma carga única – na qual a "bacia de deformação" se desenha de forma plena, sem interferências – que será a responsável pela indução dos já citados esforços no sistema estratificado a ser avaliado; os esforços atuantes máximos ocorrerão sistematicamente sob o eixo de aplicação da carga (Posição I):

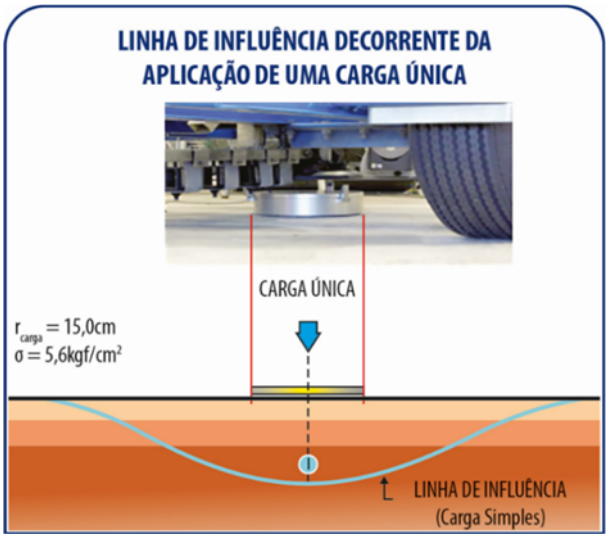


Figura 252 - Linha de Influência de uma carga única.

Entretanto, embora julgando respeitável a presente proposição, seria extremamente interessante considerar, no dimensionamento de um reforço estrutural, as condições de solicitação mais próximas da realidade, tradutoras mais fidedignas da severidade e/ou agressividade das cargas impostas ao pavimento: a solicitação por cargas duplas, cuja integração processa-se por *sobreposição de efeitos*, responde por condições de carregamento diferenciadas, mais específicas e seguramente mais severas; a título ilustrativo, apresenta-se a seguir, na imagem

abaixo, uma representação esquemática do efeito produzido por um par de rodas gêmeas, na qual se exibem as interferências das cargas:

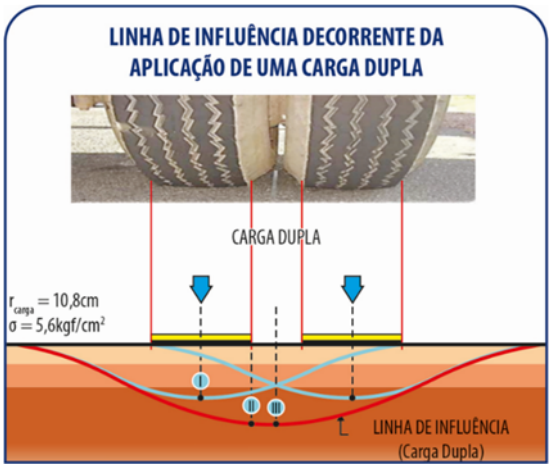


Figura 253 - Linha de influência obtida por uma carga dupla (sobreposição de efeitos).

Da observação dessa representação esquemática de carregamento com rodas gêmeas pode-se observar que se verificam três posições nas quais os esforços impingidos ao sistema pavimento - solo de fundação são distintos:

- na Posição I, a linha de influência decorrente de cada carga individualmente externa a forma de abóbada côncava mais acentuada – menos distribuída –, a qual responderá, seguramente, pelo desenvolvimento de esforços de tração horizontal (fadiga) mais acentuados sob os centros de aplicação de carga; agrava um pouco mais essa situação o fato de ainda incorporar alguma "contribuição somativa" de parcela correspondente à outra carga.
- na Posição III, disposta a meia distância entre os centros de aplicação das cargas, a linha de influência decorrente é a resultante da sobreposição integral dos efeitos da aplicação de cargas duplas, condição que propiciará o desenvolvimento dos esforços de compressão vertical (deformação permanente) mais acentuados em toda a zona de influência das cargas duplas, seguramente superiores àqueles verificados nas Posições I e II.
- na Posição II, as magnitudes de ambos os esforços serão medianas – relativamente aos esforços verificados nas Posições I e III –, podendo ser agravadas no caso de aplicações de carga com pneumáticos com baixas pressões de enchimento: seus flancos laterais, que externam graus de rigidez consideráveis, podem puncionar o pavimento e potencializar os esforços impingidos, nomeadamente à superfície.

As representações esquemáticas das linhas de influência dos assentamentos reversíveis proporcionadas por ambas as condições de carregamento são ilustradas a seguir, de forma conjugada:

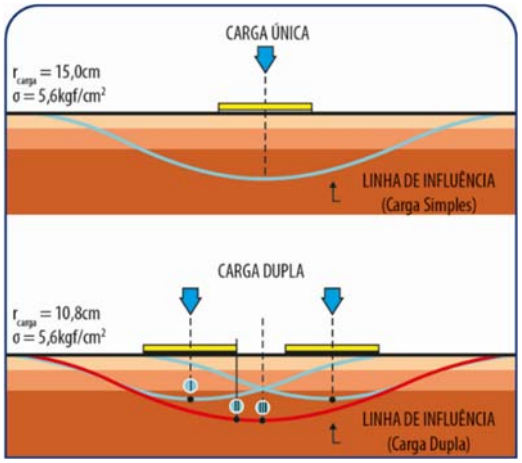


Figura 254 - Cotejamento entre as linhas de influência obtidas pela aplicação de cargas simples e duplas.

Assim, considera-se, no âmbito da *Metodologia Paragon*, que o estado tensional imposto deve ser avaliado pelo cálculo dos esforços máximos que atuam em um sistema estratificado formado pelo pavimento - solo de fundação, tendo em conta o carregamento imposto por um conjunto de cargas duplas (rodas gêmeas).

Esses esforços deverão ser também avaliados nas verticais correspondentes ao *centro de aplicação das cargas* e a *meia distância entre suas aplicações*, proposições que facultam uma apreciação mais realística das respectivas magnitudes e severidades.

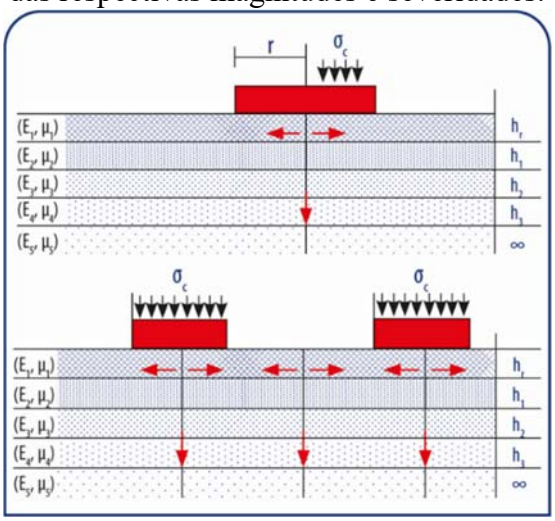


Figura 255 - Identificação dos posicionamentos para cálculo dos esforços atuantes

No âmbito dessa proposição, procurou-se ter em conta as avaliações processadas anteriormente sobre as principais características de carregamento de um veículo representativo da frota comercial brasileira que permitiram as definições das cargas, por eixo e por roda, das áreas de contato, da distância entre os flancos dos pneus, da pressão de contato e da distância entre os centros de aplicação das cargas, parâmetros indicados nas figuras abaixo, apresentadas a seguir.

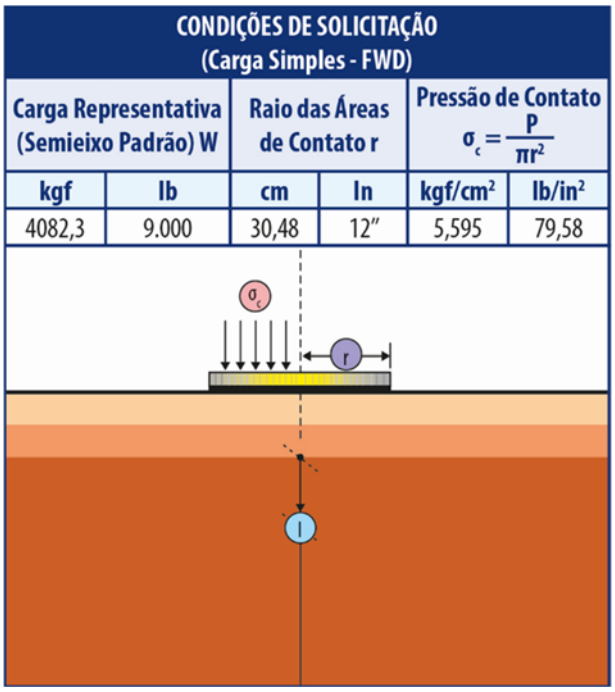


Figura 256 - Posicionamento geométrico de uma carga única (FWD) e vertical dos pontos de análise.

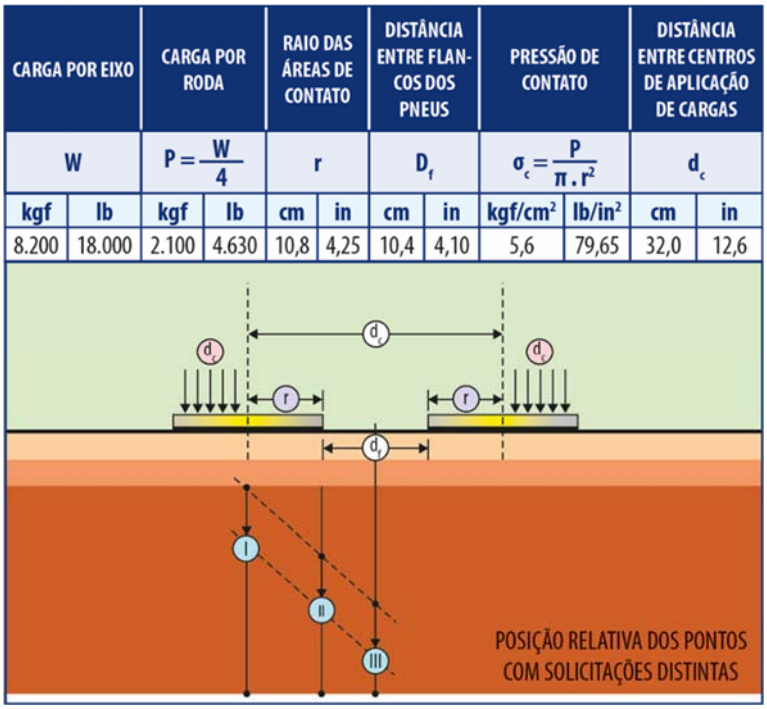
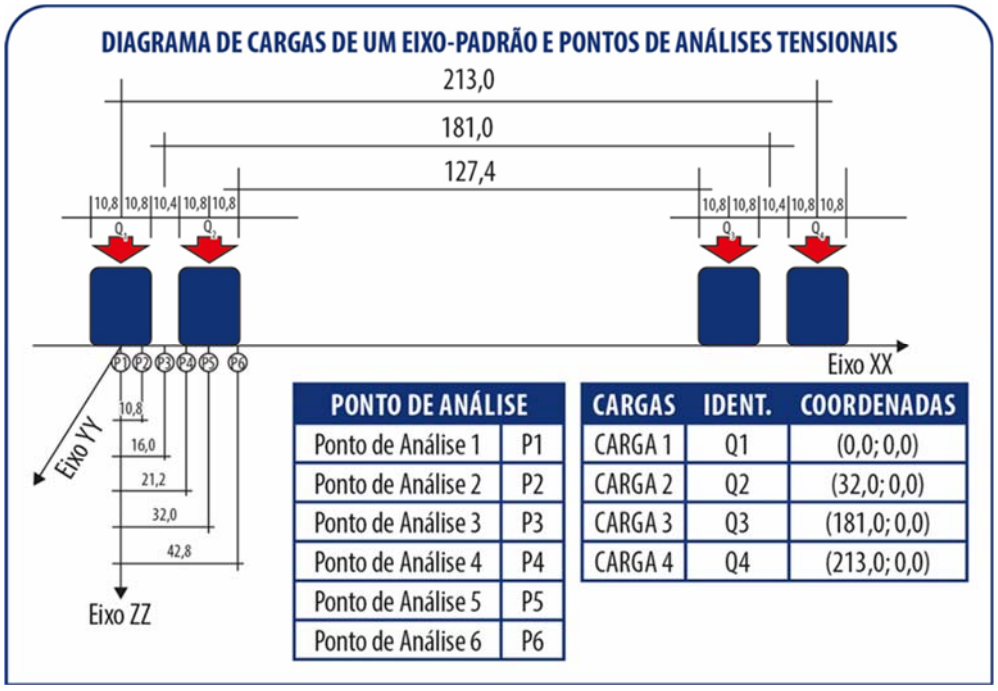


Figura 257 - Posicionamento geométrico de cargas gêmeas de um veículo pesado e das verticais de análise considerados pela METODOLOGIA PARAGON.

Complementarmente, ainda na busca de uma aproximação maior com as condições de carregamento impostas pelos veículos pesados ao pavimento, a presente proposição metodológica julgou importante considerar as disposições relativas das cargas de um eixo rodoviário padrão, exigência que demandou a definição dos posicionamentos geométricos das 4 rodas componentes de um eixo simples de rodas gêmeas, estabelecidos por meio de estudos

anteriormente realizados com base nas características fornecidas por fabricantes de veículos pesados.



PONTO DE ANÁLISE	
Ponto de Análise 1	P1
Ponto de Análise 2	P2
Ponto de Análise 3	P3
Ponto de Análise 4	P4
Ponto de Análise 5	P5
Ponto de Análise 6	P6

CARGAS	IDENT.	COORDENADAS
CARGA 1	Q1	(0,0; 0,0)
CARGA 2	Q2	(32,0; 0,0)
CARGA 3	Q3	(181,0; 0,0)
CARGA 4	Q4	(213,0; 0,0)

Figura 258 - Diagrama das cargas do eixo traseiro de um veículo comercial e pontos que externam condições de solicitação diferenciadas e específicas.

Enfim, julgando importante que os esforços a serem impingidos à estrutura sejam calculados à imagem e semelhança das condições de carga impostas por um veículo comercial padrão, desenvolveu-se um programa para calcular os esforços desenvolvidos em qualquer ponto do sistema composto do sistema pavimento - solo de fundação com base na aplicação simultânea de até 10 cargas.

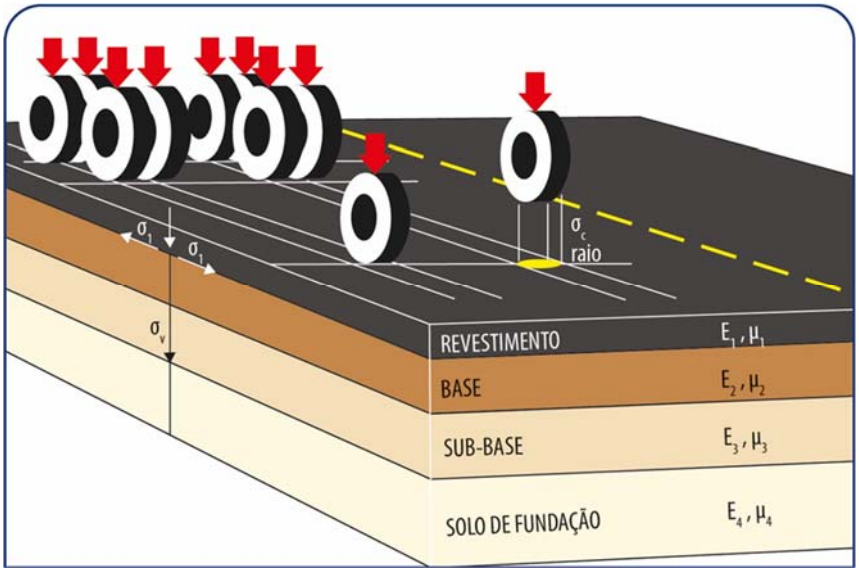


Figura 259 - Representação esquemática das cargas comportadas pelo programa.

4.2.8.4.9. Dimensionamento do Reforço Estrutural pelo Método Paragon

A segunda etapa da metodologia Paragon visou a definição dos *aportes estruturais* demandados pelo sistema pavimento – solo de fundação para se ter em consideração as cargas futuras a serem aplicadas durante a "vida de projeto" – no caso presente, 10 anos – e iniciou-se pela análise dos parâmetros estruturais levantados, notadamente as linhas de influência dos assentamentos reversíveis e o perfil constitutivo do sistema composto pelo pavimento-solo de fundação. Os resultados obtidos dessas duas avaliações, quando analisados em conjunto, permitiram definir os módulos de elasticidade representativos das camadas constitutivas do pavimento e do solo de fundação, bem como suas contribuições na deformabilidade elástica do sistema estratificado; os valores obtidos no caso presente são apresentados a seguir, em lineares sinópticos.

Seguidamente, promoveram-se estudos de forma a se poder caracterizar os *materiais destinados à composição das camadas de reforço*, estabelecendo-se seus "módulos de rigidez" e definindo as leis tradutoras de seus comportamentos à fadiga; para a mistura asfáltica Faixa C / DNIT adotou-se, no caso presente, conforme anteriormente definido, o valor modular igual 40.900 kgf/cm^2.

Finalmente, foram calculadas as espessuras de reforço estrutural demandadas pelo pavimento – estaca por estaca e por faixa de tráfego – através da verificação de duas condições de dimensionamento, estabelecidas consoante o número de aplicações de cargas previsto para incidir no pavimento durante a vida de projeto considerada: a ***resistência à fadiga das misturas betuminosas*** (cotejamento entre os esforços de tração atuantes na face inferior das camadas betuminosas e os seus esforços resistentes máximos intrínsecos) e a **resistência à deformação permanente do solo de fundação** (cotejamento entre os esforços verticais de compressão exercidos no solo de fundação e a capacidade de resistência máxima intrínseca).

Apenas a título rememorativo, cabe lembrar que no caso específico de aplicação do método Paragon, o dimensionamento relativo a ***resistência à fadiga*** contempla duas alternativas admissíveis, estabelecidas a partir do cotejamento entre os esforços resistentes (máximos admissíveis) intrínsecos ao material de reforço selecionado e a curva representante dos esforços atuantes – esforços horizontais de tração/compressão na fibra inferior da camada de reforço – calculada considerando uma sequência crescente de espessuras (1 a 20 cm ou mais):

- ✓ caso a curva dos esforços horizontais atuantes definida em função das espessuras de reforço (tensões - σ e/ou extensões – ε versus espessuras de reforço) se desenvolva abaixo do esforço resistente máximo admissível (σ_{lim} e/ou ε_{lim}), significa que a estrutura existente não demanda qualquer aporte estrutural em termos de dimensionamento à fadiga; nesse caso, a estrutura vigente evidencia a sua qualificação para suportar as cargas adicionais durante a vida de projeto considerada e que, caso se constate a necessidade de aporte estrutural por outra condição de dimensionamento, *qualquer espessura de reforço demandada se mostrará suficiente*, haja vista que o critério fadiga não impõe nenhum condicionamento estrutural;

- ✓ nos demais casos, quando se verifica a interseção da curva dos esforços atuantes (tensões - σ e/ou extensões – Ɛ versus espessuras de reforço) com o esforço resistente máximo admissível (σ_{lim} e/ou ε_{lim}), estabelecem-se dois limites de admissão de espessuras compatíveis, estabelecidos pela garantia de que os esforços resistentes sejam inferiores aos esforços atuantes: o ***limite inferior*** – definido pela primeira interseção –

define o valor máximo das espessuras passíveis de aplicação para o atendimento aos critérios de fadiga e o ***limite superior*** – definido pela segunda interseção – define o valor mínimo das espessuras passíveis de aplicação para o atendimento aos critérios de fadiga, haja vista que nas espessuras que se dispõem ao longo da faixa intermediária – estremada entre os dois limites interseccionários – os valores dos esforços atuantes sobrepujam os esforços resistentes; esta faixa intermediária define portanto o que se poderia denominar de "***zona das espessuras proibidas***".

Complementarmente, o método de cálculo Paragon preconiza ainda a verificação da condição de ***resistência à fadiga da camada de revestimento do pavimento antigo***, procedimento que se desenvolve com o mesmo embasamento teórico retrocitado: calculam-se as tensões horizontais de tração desenvolvidas em sua face inferior para as diferentes espessuras da camada de reforço contempladas. Nesse procedimento complementar, já integrante do método de cálculo da metodologia Paragon, duas questões eminentemente técnicas se apresentam: o valor do módulo de rigidez e a lei de resistência à fadiga pertinente à mistura asfáltica antiga, já de alguma forma comprometida e muitas vezes externando fissurações consideráveis.

Tal consideração, que só tem a somar, objetiva evitar falhas por omissão, as quais podem, de alguma maneira, responder por eventuais insucessos, derivados do inadequado comportamento dessa camada à fadiga. Para o cálculo do módulo de rigidez da mistura antiga adota-se o valor definido pela retroanálise das linhas de influência experimentais e para a lei de fadiga, julgou-se, em primeira aproximação, considerar válida a lei proposta pela ***FHWA – Federal Highway Administration (1985)***, a qual tem em conta parâmetros de formulação extremamente vinculados com as condições comportamentais, deduzidos de ensaios processados com o ligante asfáltico recuperado.

No que tange ao dimensionamento relativo a ***resistência às deformações permanentes***, também duas situações podem se apresentar no que tange ao cotejamento entre os esforços resistentes (máximos admissíveis) intrínsecos ao solo de fundação e os esforços verticais de compressão atuantes no topo da camada do solo de fundação considerando distintas espessuras da camada de reforço:

- ✓ caso a curva dos esforços verticais de compressão atuantes (tensões - σ e/ou extensões – ε) versus espessuras de reforço se desenvolve abaixo do limite máximo admissível (σ_{lim} e/ou ε_{lim}), significa que a estrutura existente não demanda aporte estrutural para garantir ao solo de fundação a necessária resistência às deformações permanentes; nesse caso, a estrutura vigente evidencia a sua qualificação e suficiência para garantir o adequado comportamento do solo de fundação face às cargas adicionais que serão impingidas durante a vida de projeto considerada.
- ✓ nos demais casos, como se verifica uma única interseção da curva dos esforços atuantes com o esforço limite máximo admissível, define-se apenas a espessura mínima de reforço necessária para se proteger o solo de fundação contra riscos de ruptura por deformações excessivas.

Entretanto, para se processar o cálculo dos esforços atuantes no sistema, considerando uma sequência crescente de espessuras de reforço, faz-se necessário definir inicialmente as ***condições de carregamento***, as quais devem ser o mais similarmente possível daquelas exercidas pelos veículos comerciais sobre o sistema composto pelo conjunto pavimento – solo de fundação. Numa etapa anterior, estudada e apresentada, definiu-se que um caminhão dotado

de um eixo "tandem" simples (2 pares de rodas gêmeas) carregado com 8,2 toneladas (18 kips) seria representativo das condições de solicitação impostas pela frota de veículos pesados brasileira; sob tais condições, definiu-se também que cada uma das rodas gêmeas distribuía os seus 2050 kgf sobre impressões circulares com raios da ordem de 10,8 cm distanciadas entre si (bordo a bordo) por distâncias da ordem de 10,4 cm, exercendo pressões de contato iguais a 5,6 kgf/cm^2. Tais considerações são apresentadas de forma detalhada no item "4.4.5.2.4.2.5 – Definição dos Parâmetros de Dimensionamento Estrutural "e subitem "III – Definição das Características de Carregamento e dos Pontos de Solicitação".

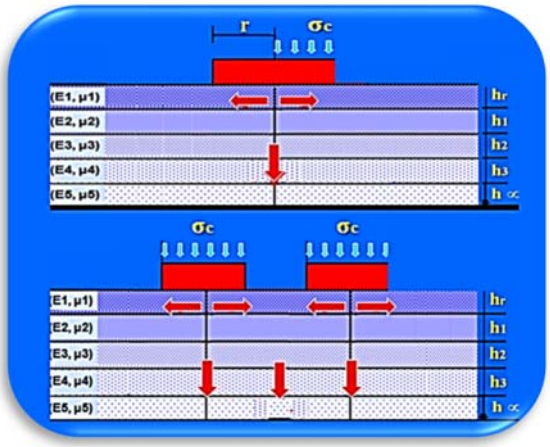


Figura 260 – Identificação dos posicionamentos de cálculo dos esforços atuantes

Com base em todos esses dados e com a aplicação de computação automática, processaram-se os cálculos considerando concomitantemente os esforços atuantes *sob o centro de aplicação da carga* e à *meia distância entre os centros de aplicação de carga*, e os resultados obtidos, estaca por estaca, por faixa de tráfego, encontram-se representados em gráficos individualizados apresentados a seguir; nesses diagramas, de forma a facilitar a interpretação, adotou a seguinte correspondência cromática:

- ✓ ***azul claro*** (zona inferior): representa a gama de variação das espessuras que atendem a 1ª condição de dimensionamento à fadiga, traduzida pelo conjunto de espessuras que se dispõem aquém da primeira interseção entre a curva dos esforços atuantes versus espessuras de reforço e o esforço limite máximo admissível (1ª interseção); todas as espessuras dispostas nesse universo, onde se verifica que os esforços atuantes são inferiores ao esforço máximo admissível, satisfazem o critério de fadiga;

- ✓ ***vermelho*** (zona intermediária): representa a faixa de espessuras nas quais os esforços atuantes de tração horizontal sobrepujam os esforços resistentes intrínsecos ao material betuminoso proposto para constituir a camada de reforço estrutural; esta faixa de espessuras (calculadas estaca por estaca) constitui a ***zona das "espessuras proibidas"***, pois caso adotadas carregariam consigo uma declarada deficiência em termos de resistência à fadiga, que responderia, consequentemente, pelo comprometimento da duração de vida expectada;

- ✓ ***azul escuro*** (zona superior): representa a gama de variação das espessuras que atendem a 2ª condição de dimensionamento à fadiga, traduzida pela composição de espessuras que se dispõem além da segunda interseção entre a curva dos esforços atuantes versus as

espessuras de reforço com o esforço limite máximo admissível (2ª interseção); a partir das espessuras correspondentes à essa 2ª interseção, todos os valores de espessura satisfazem à resistência à fadiga, pois os esforços atuantes são inferiores ao esforço máximo admissível;

- ✓ ***Amarelo***: define os valores mínimos das espessuras de reforço necessárias para se proteger o solo de fundação contra riscos de deformação permanentes acentuadas; são representadas independentemente das espessuras ditadas pelo critério da fadiga;

Embora o cotejamento das espessuras em termos de um software seja simples, julga-se importante promover uma adequada avaliação visual, tendo-se desenvolvido gráficos contendo as três espessuras determinadas pela metodologia Paragon; assim, considerando a escala cromática acima descrita, enumeram-se a seguir os tipos de representação passíveis de ocorrer:

a) Quando o pavimento existente não requer nenhum tipo de aporte estrutural, por nenhuma das condições de dimensionamento, não se processa, naturalmente, nenhuma representação cromática:



b) Quando a condição de resistência à fadiga se apresenta com suas duas espessuras - define-se naturalmente a "***zona das espessuras proibidas***" - e a condição de proteção ao solo de fundação não demanda espessura, tem-se uma representação *cromática tricolor*:

- ✓ As espessuras passíveis de aplicação relativas à 1ª interseção são definidas pelos valores contidos na faixa em tom *azul claro*;
- ✓ As espessuras passíveis de aplicação relativas à 2ª interseção são definidas pelos valores contidos na faixa em tom *azul escuro*, e
- ✓ As "espessuras proibidas" são estabelecidas pelos valores dispostos na faixa em tom *vermelho*;



c) Quando a condição de resistência à fadiga da *camada de revestimento* existente se apresenta, as espessuras requeridas definem naturalmente a *zona das espessuras proibidas* – representada pela cor vermelha, que define os valores que se dispõem abaixo da interseção entre a curva dos esforços atuantes e o esforço resistente; os valores de espessuras superiores representam a zona de espessuras admissíveis, em escala azul:



d) Quando somente a condição de proteção do solo de fundação se apresenta, adota-se, para o conjunto de espessuras demandadas, uma representação *monocromática*, com as espessuras demandadas representadas em tom amarelo:



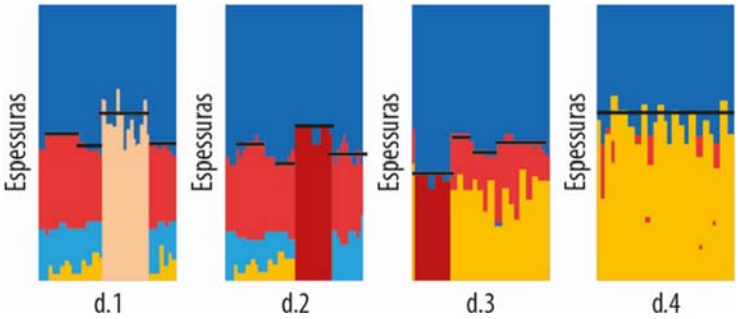
e) Quando a condição fundamentada no aumento da capacidade de tráfego restante se apresenta, adota-se para o conjunto de espessuras demandadas uma representação cromática de cor rosada definidora dos valores extremos não aceitáveis:



f) Quando as espessuras demandadas:

- ✓ pela resistência à fadiga da camada de reforço é gravada em tons azul-claro e azul-escuro e a "zona das espessuras proibidas", em vermelho;
- ✓ pela resistência à fadiga da camada de revestimento existente é gravada em cor vermelho;
- ✓ pela resistência à deformação permanente do solo de fundação, gravada em amarelo e
- ✓ para atendimento à capacidade restante do pavimento existente,

as espessuras finais são definidas pela coloração preponderante e de maior magnitude, que se sobrepõem às cores primárias. As conjunções das espessuras demandadas por cada condição de dimensionamento são plotadas em gráficos – identificadas por suas colorações –, nos quais prevalecem as espessuras demandadas de maior porte:



Com base nessa escala de representação cromática, apresentam-se a seguir os resultados obtidos, por faixa de tráfego, para a rodovia em questão, BR-242.

- ✓ ***Verificação da Resistência à Fadiga da camada de reforço***

No caso presente, promoveu-se o dimensionamento das espessuras ***da camada de reforço*** necessárias para se garantir seus comportamentos relativamente ao critério de ***resistência à fadiga***, contemplados considerando uma prestação de serviços futura igual a 10 anos. Para o efeito, calcularam-se os esforços atuantes de tração / compressão horizontal nas faces inferiores das *camadas de reforço*; para a camada de reforço, foram consideradas espessuras crescentes a intervalos de 0,5 cm, variando de 0,5 cm a 20,0 cm. Os esforços atuantes foram calculados estaca por estaca, por faixa de tráfego individualizada (faixas esquerda e direita) sempre considerando os dois posicionamentos de carga mais críticos: nas verticais "***sob o centro de aplicação de uma carga***" e à "***meia distância entre os centros de aplicação de duas cargas***" que permitiram a obtenção das curvas de desenvolvimento tensões atuantes x espessuras de reforço e espessuras das quais foram cotejadas com o esforço resistente máximo admissível.
Os resultados obtidos em cada uma das faixas de tráfego foram calculados considerando estaca por estaca e expressam a síntese das verificações de resistência à fadiga das camadas de reforço.

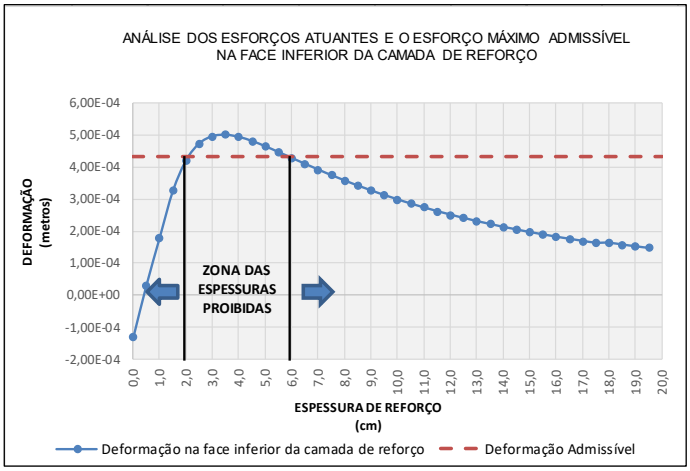


Figura 261 – Cotejamento entre os esforços atuantes na face inferior da camada de reforço estrutural e o esforço máximo admissível para cada material.

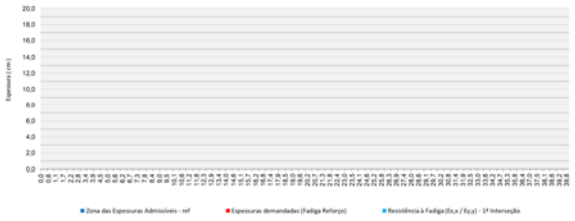
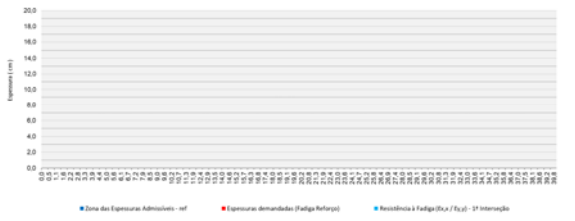
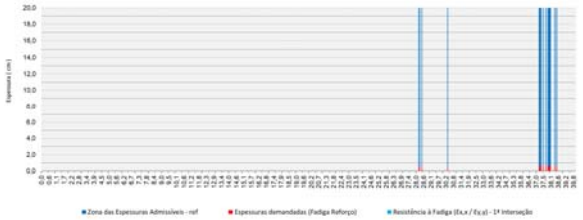
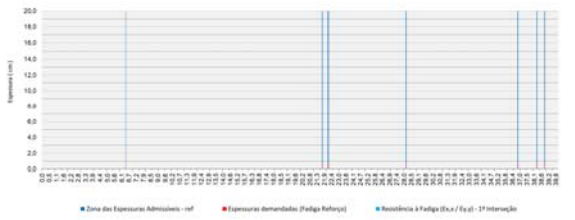
DIMENSIONAMENTO DE RESISTÊNCIA À FADIGA DA CAMADA DE REFORÇO GO-330 – PISTA SIMPLES	
km 0,000 ao km 40,000	
LADO ESQUERDO	LADO DIREITO
ANÁLISE SOB O CENTRO DE APLICAÇÃO DE CARGA	
	
ANÁLISE À MEIA DISTÂNCIA ENTRE OS CENTROS DE APLICAÇÃO DE CARGA	
	

Figura 262 – Verificação da Resistência à Fadiga da Camada de Reforço Estrutural – Pista Simples

i. A análise de resistência à fadiga na camada de reforço indica que não houveram demandas consideráveis de espessura nas regiões analisadas, tanto sob o centro de aplicação de carga quanto na meia distância entre os centros de aplicação de carga. Assim, conclui-se que os esforços atuantes na fibra inferior da camada de reforço são, na maioria dos casos, inferiores aos esforços máximos admissíveis.

Seguidamente, promoveu-se o dimensionamento das espessuras ***da camada de revestimento*** necessárias para se garantir seus comportamentos relativamente ao critério de ***resistência à fadiga***, no qual seguiu-se o procedimento de obter as curvas de desenvolvimento das tensões atuantes na fibra inferior na camada de revestimento x espessuras de reforço, para cotejar com o esforço resistente máximo admissível.

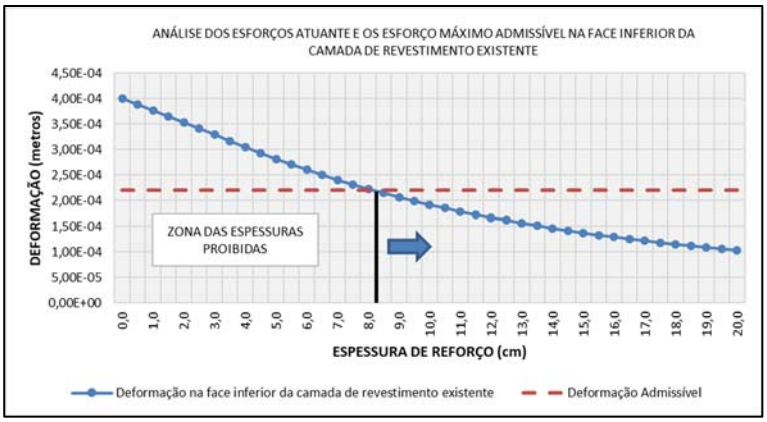


Figura 263 – Cotejamento entre os esforços atuantes na face inferior da camada de revestimento existente e o esforço máximo admissível para cada material

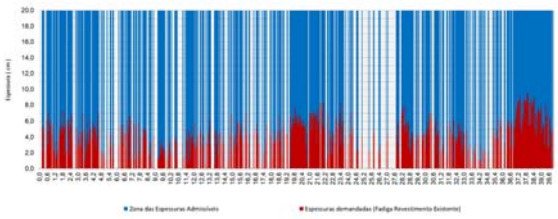
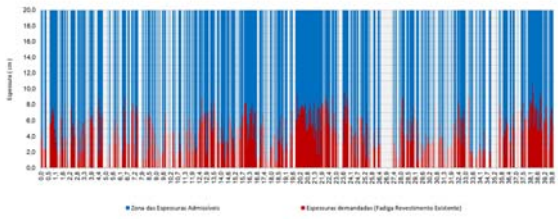
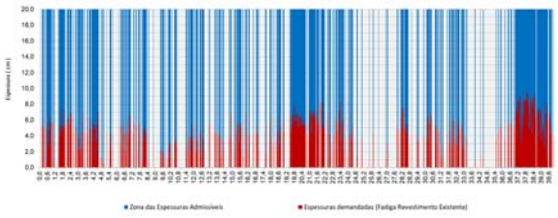
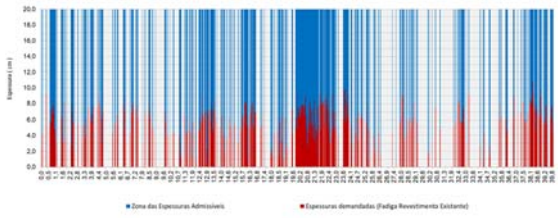
DIMENSIONAMENTO DE RESISTÊNCIA À FADIGA DA CAMADA DE REVESTIMENTO EXISTENTE GO-330 – PISTA SIMPLES	
km 0,000 ao km 40,000	
LADO ESQUERDO	LADO DIREITO
ANÁLISE SOB O CENTRO DE APLICAÇÃO DE CARGA	
	
ANÁLISE À MEIA DISTÂNCIA ENTRE OS CENTROS DE APLICAÇÃO DE CARGA	
	

Figura 264 - Verificação da Resistência à Fadiga da Camada de Revestimento Existente Pista Simples

Da análise dos resultados obtidos pôde-se constatar fundamentalmente que:

ii. Ponderando sobre os resultados obtidos por meio da análise de resistência à fadiga do revestimento, constata-se a necessidade de restauração do pavimento existente. Essa exigência é corroborada pelas demandas de espessuras de reforço identificadas em ambos os lados da via, com espessuras predominantemente *entre 4 e 8,5 cm*. Salienta-se que essas espessuras foram definidas de forma a garantir que os esforços de tração na fibra inferior da camada de revestimento se situem aquém do limite de resistência máximo admissível definido para o CBUQ Faixa C / DNER, considerando o número de solicitações previstas para sua prestação de serviços futura, *estimada em 10 anos*.

✓ ***Verificação da Resistência à Deformação Permanente***

Seguidamente, promoveu-se o dimensionamento da espessura da ***camada de reforço*** reclamada para ***proteger o solo de fundação*** de forma a garantir seu adequado comportamento durante uma prestação de serviços futura igual a 10 anos. No âmbito do dimensionamento das espessuras demandadas para se garantir a necessária ***resistência do solo de fundação às deformações permanentes***, foram calculados os esforços de compressão vertical atuantes no topo do solo de fundação, tendo-se considerado espessuras crescentes da camada de reforço asfáltico variando de 0,5 cm a 20,0 cm; os cálculos foram efetuados a cada incremento de 0,5 cm, sempre nas "***verticais sob o centro de aplicação da carga***" e à "***meia distância entre os centros de aplicação de duas cargas***", em ambas as faixas de tráfego de forma individualizada. Os resultados obtidos são apresentados a seguir:

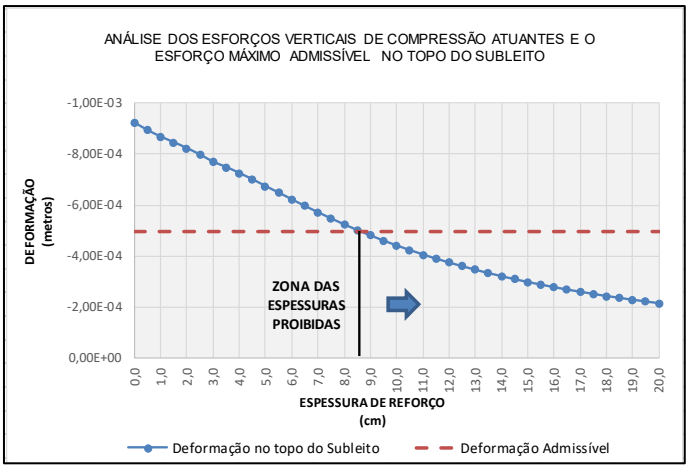


Figura 265 – Cotejamento entre os esforços verticais de compressão atuantes e o esforço resistente intrínseco do solo de fundação e das camadas granulares.

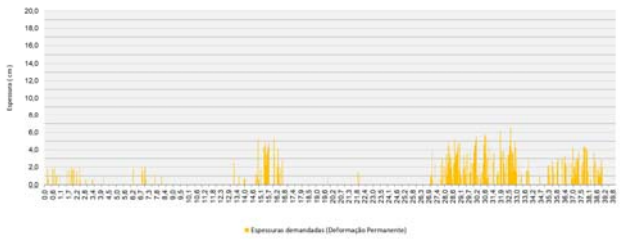
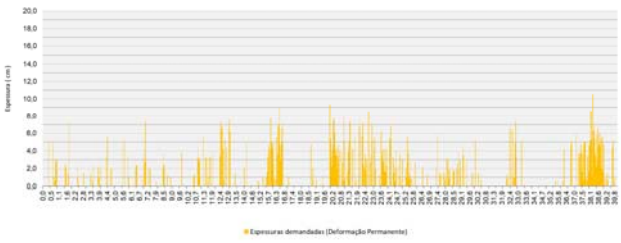
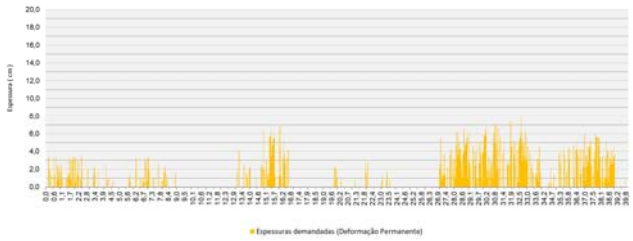
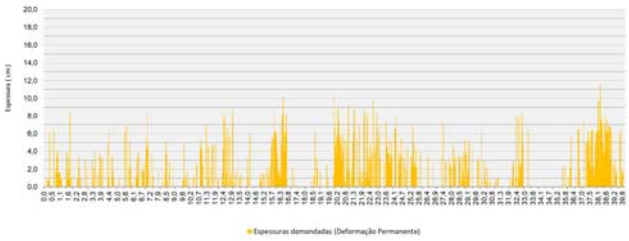
DIMENSIONAMENTO DA RESISTÊNCIA À DEFORMAÇÃO PERMANENTE GO-330 – PISTA SIMPLES	
km 0,000 ao km 40,000	
LADO ESQUERDO	LADO DIREITO
ANÁLISE SOB O CENTRO DE APLICAÇÃO DE CARGA	
	
ANÁLISE À MEIA DISTÂNCIA ENTRE OS CENTROS DE APLICAÇÃO DE CARGA	
	

Figura 266 – Verificação da Resistência à Deformação Permanente no Solo de Fundação – Pista Simples.

Da análise dos resultados obtidos pôde-se constatar fundamentalmente que:

i. O solo de fundação apresentou uma significativa deficiência estrutural no final do trecho, no lado esquerdo da via, com espessuras variando entre 4 cm e 11 cm. Por outro lado, o lado direito da rodovia apresenta uma carência estrutural ainda mais acentuada em comparação ao lado esquerdo. Em toda a extensão da rodovia, verifica-se a necessidade de reforço, com espessuras variando entre 4 cm e 7 cm.

ii. Tal como constatado anteriormente, e como seria de se esperar, verificou-se também que os esforços de compressão vertical desenvolvidos no topo do solo de fundação

quando calculados *à meia distância entre os centros de aplicação de duas cargas* são ligeiramente mais acentuados que aqueles verificados *sob o centro de aplicação da carga*, condição esta atestada pela maior intensidade de ocorrências e pela demanda de espessuras máximas um pouco mais robustas.

✓ ***Verificação Conjunta das Resistências à Fadiga do Reforço Proposto e à Deformação Permanente do Solo de Fundação***

Assim considerando, e dando continuidade ao dimensionamento do reforço estrutural pelo método Paragon – *verificação das resistências à fadiga e às deformações permanentes* – torna-se sempre necessário promover o cotejamento entre as espessuras demandadas por ambos os critérios de dimensionamento, contemplando concomitantemente os esforços calculados nos diferentes locais de avaliação considerados para cálculo dos esforços atuantes - ***centro de aplicação da carga*** *e* ***à meia distância entre os centros de aplicação de cargas*** - de forma a se poder definir as espessuras finais.

Nessa particularização do *dimensionamento à fadiga*, quando se tem de contemplar os esforços de tração que atuarão as faces inferiores das camadas de reforço e em duas verticais de avaliação previamente definidas (centro da carga e entre cargas), julgou-se que a melhor forma de cotejamento e de definição das espessuras que satisfazem à todas as exigências, concomitantemente, consistiria na sobreposição, em um mesmo gráfico, das espessuras demandadas para atendimento aos critérios de fadiga e de deformação permanente do solo de fundação; a representação gráfica contemplando as requerências demandadas em cada estaca está apresentada a seguir.

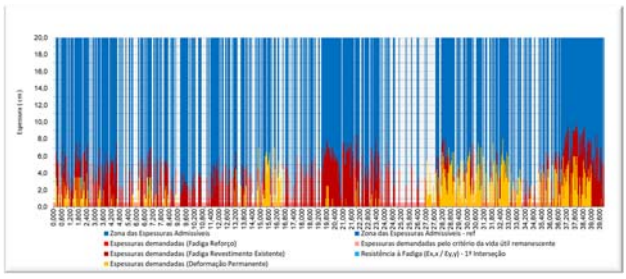
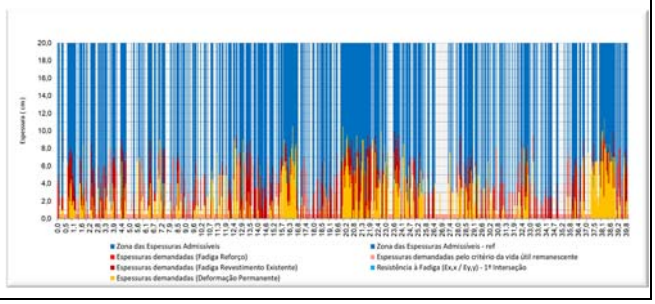
VERIFICAÇÃO CONJUNTA DAS ESPESSURAS DEMANDADAS TENDO EM CONTA AS RESISTÊNCIAS À FADIGA (CAMADA ASFÁLTICA DE REFORÇO E REVESTIMENTO EXISTENTE) E À DEFORMAÇÃO PERMANENTE (SOLO DE FUNDAÇÃO) GO-330 – PISTA SIMPLES	
km 0,00 ao km 40,000	
LADO ESQUERDO	LADO DIREITO
ANÁLISE SOB O CENTRO DE APLICAÇÃO DE CARGA E À MEIA DISTÂNCIA	
	

Figura 267 – Espessuras Demandadas pelas Condições de Dimensionamento (Resistências à Fadiga e à Deformação Permanente) – Pista Simples.

Da análise dos resultados obtidos, é notável que a demanda por espessuras de reforço é similar nos dois sentidos do trecho, tanto para a proteção da camada de revestimento existente contra o fenômeno da fadiga quanto para a proteção do solo de fundação contra deformação permanente. Tal constatação se justifica, mais uma vez, pelo comportamento característico do tráfego na rodovia em análise e pela homogeneidade observada no perfil de tráfego nos sentidos opostos.

Ademais, destaca-se que no lado direito há uma demanda sutilmente maior das espessuras reclamadas tanto para o fenômeno da fadiga, quanto para a deformação permanente quando comparado ao lado esquerdo. Todavia, é importante salientar que essas ínfimas diferenças de espessuras, se mostram insuficientes para a adoção de soluções de restauração distintas para as duas faixas de tráfego, visto que o comportamento de ambas é homogêneo em quase todo o trecho.

Seguidamente, com base nos valores obtidos, desconsideraram-se os valores espúrios, já que a metodologia Paragon considera que nunca é válida a contemplação estatística de "risco zero" no tratamento de populações, a qual é inclusivamente rejeitada por organismos rodoviários internacionais de renome, podendo se citar como exemplo a CALTRANS (antiga Califórnia Division of Highways) que admite em seus métodos de dimensionamento um percentual de subdimensionamento da ordem dos 20% e também o Asphalt Institute, que preconiza em seus "Manual Series" que os valores representativos de qualquer variável devem ser definidos pelo "octogésimo quinto percentil", ou seja, por um valor que conglomere 85% da população; a prosa cantada em verso pelo Banco Mundial é que não existe economia mundial capaz de comportar a probabilidade de "risco zero"!

Portanto, de forma a se poder dividir a população das espessuras de reforço calculadas em agrupamentos homogêneos, selecionou-se a técnica adotada pelo Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (França) denominada "decoupage", a qual permite a divisão de variáveis através da contemplação e definição de intervalos de amplitude, com eliminação dos valores espúrios.

Seguidamente, para cada intervalo definido – segmento de variação homogênea – aplicou-se a regra do "octogésimo percentil" de forma a definir o valor representativo que englobe 80% das espessuras componentes; as análises das distribuições longitudinais das espessuras calculadas foram processadas por faixas de tráfego, procedimento esse que permitiu agrupar, sequencialmente, as espessuras estatisticamente similares; os resultados obtidos, considerando ambas as condições de dimensionamento, são indicados nos diagramas gráficos apresentados a seguir.

Vale destacar que ainda nesta fase de tratamento não se teve em conta as extensões dos segmentos homogêneos, as quais foram definidas apenas com base na distribuição das populações estatísticas ("decoupage" e octogésimo percentil).

Assim considerando, no caso presente, ao se analisar as espessuras demandadas a fim de atender aos critérios de fadiga e deformação permanente e considerando concomitantemente suas respectivas incidências e as extensões relativas, percebeu-se ser frequente a recorrência de demanda de espessuras de magnitudes pouco variáveis – mesmo que por vezes de formas não continuadas – exigência que explicita, de forma inquestionável, uma certa homogeneidade estrutural do pavimento.

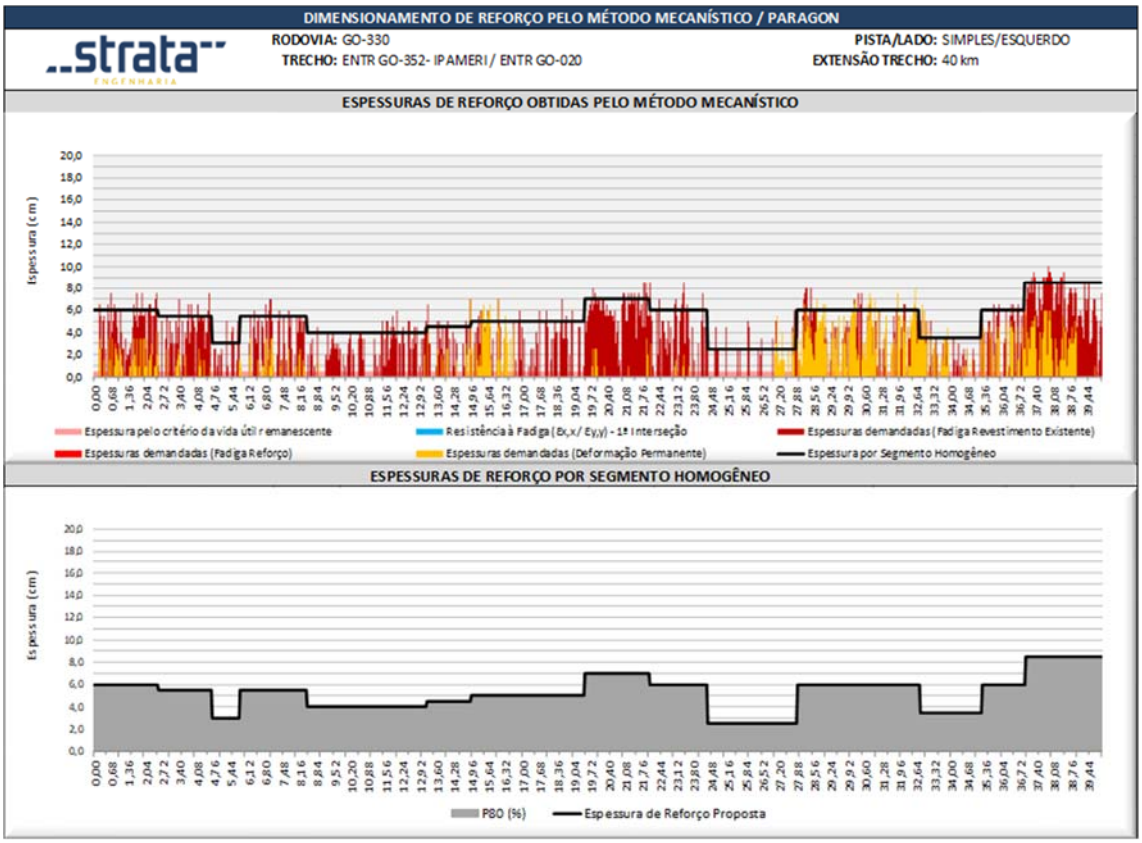


Figura 268 – Espessuras de Reforço Obtidas pelo Método Mecanístico / Paragon Pista Simples / Lado Esquerdo / km 0,000 ao km 63,460 – GO-330

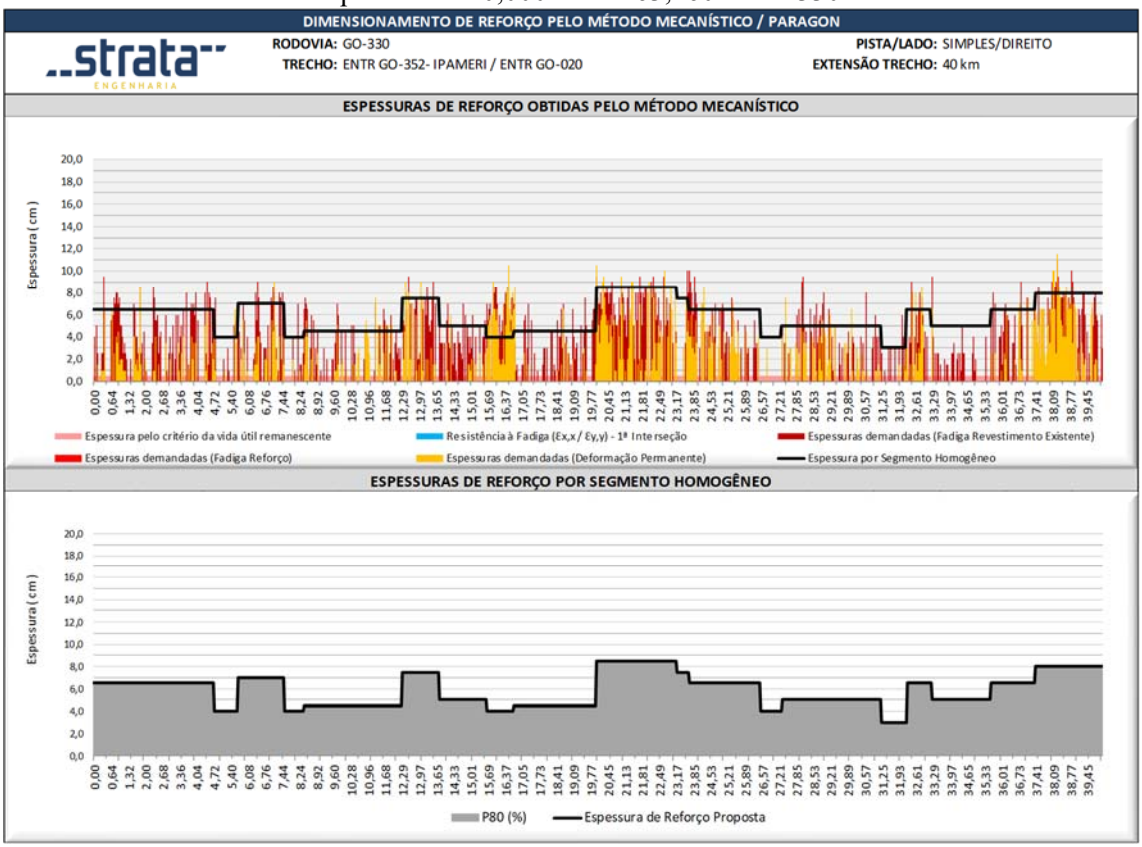


Figura 269 – Espessuras de Reforço Obtidas pelo Método Mecanístico / Paragon Pista Simples / Lado Direito / km 0,000 ao km 63,460 – GO-330

Na sequência das avaliações, como a metodologia Paragon trabalha com as faixas de tráfego individualizadas, pela série de motivos já externados anteriormente, faz-se necessário confrontar as espessuras preconizadas para o pavimento das duas faixas de tráfego contíguas – obtidas em dimensionamentos individualizados – de forma a se promover as necessárias compatibilizações estruturais e altimétricas. Esta exigência se faz fundamentalmente necessária dado ao fato de que os dimensionamentos processados têm, por premissa básica e de forma exclusiva – independentes dos estados funcionais detectados – a definição dos aportes estruturais requeridos pelo pavimento para sua prestação de serviço futura.

Desta forma, promoveu-se primeiramente o cotejamento entre as espessuras máximas demandadas pelo pavimento para as faixas contíguas, tendo-se promovido a compatibilização altimétrica, condição atendida pela seleção da espessura que satisfez, simultaneamente, a ambas as faixas contíguas. Os resultados obtidos para os lados direito e esquerdo devidamente superpostos, são ilustrados na parte superior do gráfico apresentado a seguir, sendo que a espessura finalmente selecionada é aquela definida pela linha pontilhada, tradutora da demanda maior; esse resultado final encontra-se representado na parte inferior do gráfico das mesmas figuras. Finalmente, com a eliminação de fracionamentos excessivos em termos longitudinais ficaram traduzidas condições notáveis de exequibilidade – particularidade que demandou pequenos ajustes nas espessuras dimensionadas; tais ajustes, sempre de pequena monta, se apresentaram resguardando a perenidade almejada para o reforço estrutural preconizado.

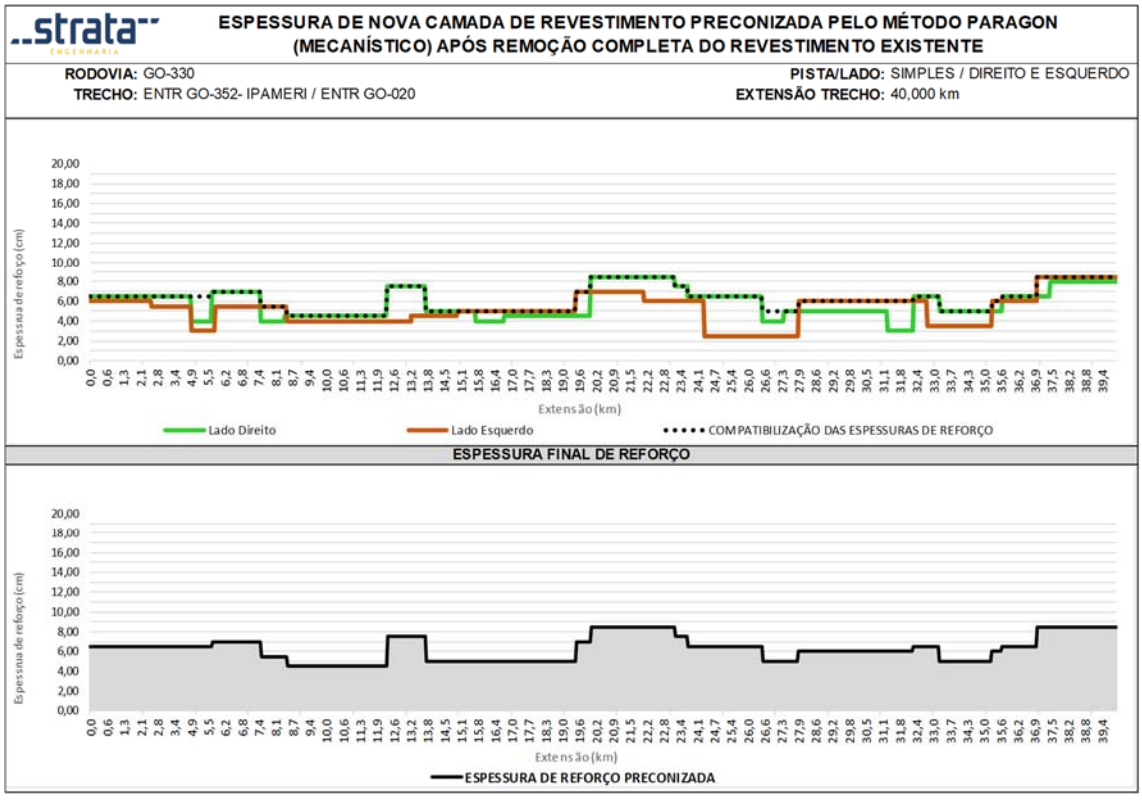


Figura 270 – Espessuras de Reforço determinadas pelo Método Paragon (Pista Simples) – km 0,000 ao km 40,000.

MÉTODO MECANÍSTICO / PARAGON - ESPESSURA DE REFORÇO PROPOSTA

RODOVIA: GO-330 **PISTA/LADO:** SIMPLES / DIREITO E ESQUERDO
TRECHO: ENTR GO-352- IPAMERI / ENTR GO-020 **EXTENSÃO TRECHO:** 40,000 km

SEGMENTO HOMOGÊNEO						
Nº	ESTACA		km		EXTENSÃO (m)	ESPESSURA DE REFORÇO PROPOSTA (cm)
	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL		
1	0	282	0,00	5,64	5640	6,50
2	282	374	5,64	7,48	1840	7,00
3	374	424	7,48	8,47	990	5,50
4	424	614	8,47	12,28	3810	4,50
5	614	688	12,28	13,76	1480	7,50
6	688	972	13,76	19,44	5680	5,00
7	972	1000	19,44	20,00	560	7,00
8	1000	1160	20,00	23,20	3200	8,50
9	1160	1184	23,20	23,68	480	7,50
10	1184	1326	23,68	26,52	2840	6,50
11	1326	1394	26,52	27,88	1360	5,00
12	1394	1612	27,88	32,24	4360	6,00
13	1612	1662	32,24	33,24	1000	6,50
14	1662	1760	33,24	35,20	1960	5,00
15	1760	1780	35,20	35,60	400	6,00
16	1780	1846	35,60	36,92	1320	6,50
17	1846	2000	36,92	40,00	3080	8,50

Figura 271 – Resumo das espessuras de reforço preconizadas após o cotejamento dos lados esquerdo e direito Pista Simples – (Km 0,000 ao km 40,000).

4.2.8.4.10. Cotejamento entre as Soluções Conceptivas e Estruturais

O fundamento maior da metodologia Paragon repousa na proposta de cotejamento entre as "*soluções conceptivas*" e as "*soluções estruturais*", procedimento que naturalmente se impõe, haja vista que todo o procedimento metodológico se pautou na premissa básica de que "***é preciso conceber antes de dimensionar***". Ou seja, as soluções finais de restauração devem ter em conta primeiramente a natureza e o tipo de intervenção corretiva demandada pelo pavimento em função de seus estados de sanidade – locais de intervenções, se superficiais ou em profundidade – e as demandas estruturais, calculadas de forma a prover o aporte estrutural requerido pelo pavimento, sempre por sobreposição de camadas. Assim considerando, com a conclusão de várias etapas importantes, tradutoras dos estados de sanidade externados pelo pavimento e definidoras dos tipos de intervenções corretivas demandadas pelo pavimento no estado presente e das requerências de aporte estrutural necessárias para que o sistema se qualifique para comportar as solicitações que lhe serão impingidas durante a sua prestação de serviços futura, necessário se faz contemplar e compatibilizar, de forma harmônica, ambas as proposições; no exemplo crasso da importância desse cotejamento, cita-se a demanda de um reforço estrutural sobre um pavimento que externa um elevado e avançado estado de degradação funcional, que *per se* não comporta a sobreposição direta de uma camada Adicional de reforço estrutural.

Nesse particular, cabe ainda destacar que todos os processamentos efetuados se embasaram em ***critérios puramente analíticos***, obviamente que alicerçados em teorias sólidas que permitiram a definição dos diagnósticos funcional e estrutural, os quais facultaram conceber as requerências específicas de recuperação do pavimento e definir suas carências estruturais. Assim considerando, a fase final proposta pela metodologia Paragon consiste, portanto, no cotejamento entre as soluções conceptivas e estruturais, as quais podem ser diretamente cotejadas através da apreciação dos resultados obtidos que estão apresentados em lineares sinópticos contendo as soluções ilustradas sob forma gráfica.

Ademais, ressalta-se que a contratante fez algumas determinações para alteração das alternativas de solução inicialmente propostas pela consultora, que consistem principalmente

nas seguintes: não utilização do material fresado para composição de degraus de acostamento e destinação do mesmo para bota-fora; utilização de imprimação asfáltica com asfalto diluído ao invés daquela com arenado asfáltico, ainda que a base granular existente apresente comportamento laterítico e seja aderida a um percentual de cimento na alternativa de reciclagem; homogeneização das espessuras asfálticas dimensionadas, que até então eram variáveis conforme demanda do pavimento a cada segmento; utilização de camada de binder para a composição da espessura total dimensionada.

No pavimento em análise, verificou-se uma significativa concordância entre o diagnóstico funcional e estrutural, evidenciada pela divisão bem definida das condições de conservação. A avaliação dos valores modulares e das necessidades de reforço revelou uma correspondência considerável entre os módulos estruturais e as espessuras requeridas para o reforço do pavimento, ainda que com algumas variações pontuais.

De forma a evidenciar tais constatações, são apresentados a seguir os cotejamentos dos diagnósticos funcional e estrutural e suas respectivas espessuras de reforço demandadas pelo pavimento, definidas de forma completamente independente, considerando segmentos homogêneos e tratados com a adoção da regra do “octogésimo percentil”

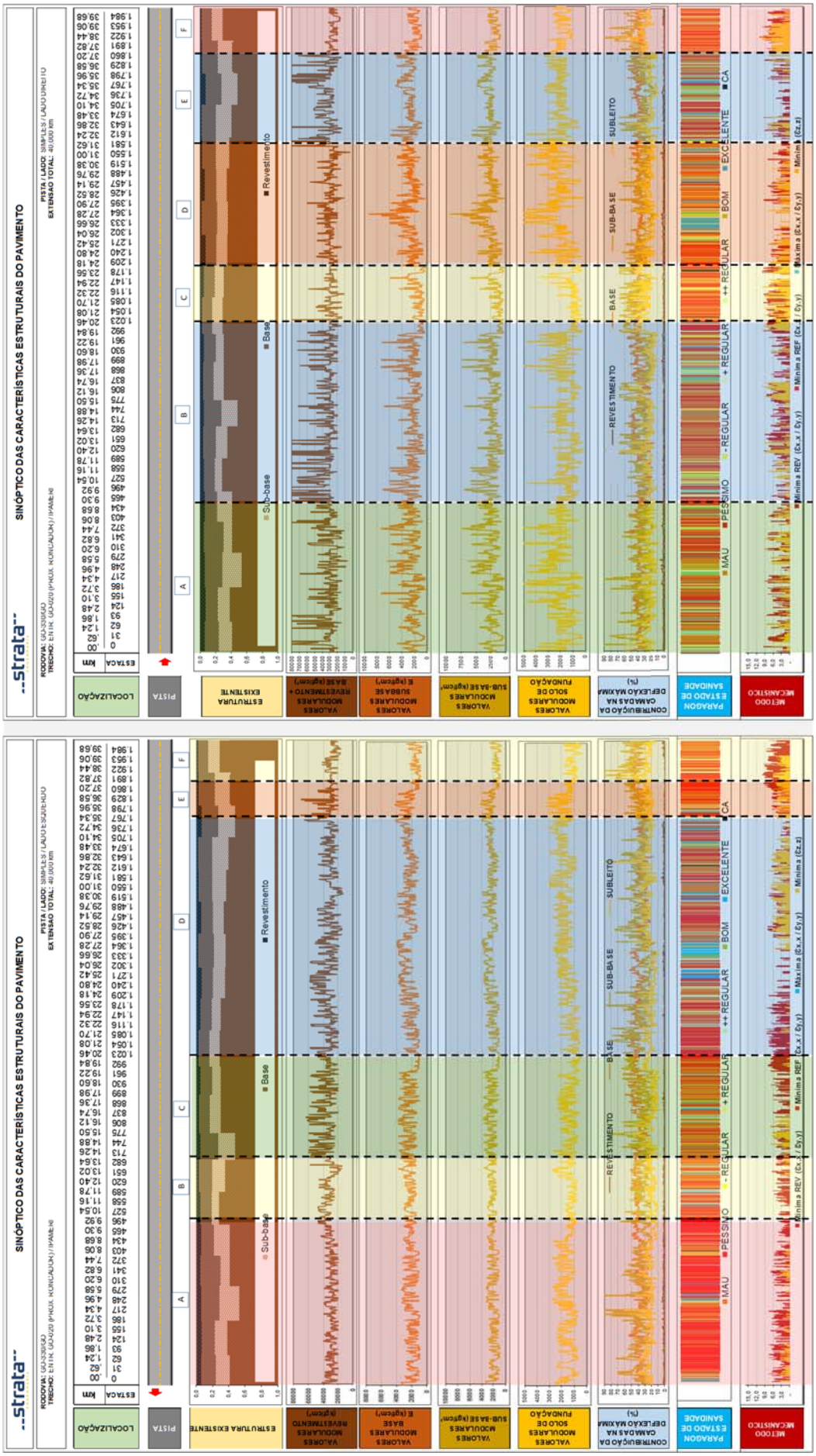


Figura 272 – Sinóptico das Características Estruturais do Pavimento, Solução conceptiva e Dimensionamento mecanístico
Pista Simples – km 0,00 ao km 40,00.

4.2.8.4.11. Definição das espessuras de reforço estrutural contemplando concomitantemente os métodos DNIT PRO 11/79, DNIT PRO 269/94 e PARAGON

O objetivo maior de se promover o dimensionamento através de três métodos distintos se deve ao benefício de se poder dispor de um espectro de variação das espessuras (máximas e mínimas) preconizadas para composição do reforço estrutural e, a partir dessa gama de variação, se estabelecer critérios que permitam a seleção de um deles ou de combinações que permitam a iteração matemática entre os resultados obtidos. Fundamentada em experiência pregressa – endossada pelo DNIT e pelo TCU – a Consultora propõe que a espessura de reforço seja definida a partir do cálculo da "***espessura mediana policiada, entretanto, pelo atendimento simultâneo a pelo menos dois dos três métodos considerados***". Entretanto, mais recentemente, alguns Departamentos de Estradas de Rodagem incorporaram a essa proposição a exigência de atendimento obrigatório ao método mecanístico, haja vista sua enorme consistência e profundidade de análise. Sob tal condicionamento, caso a espessura mediana de reforço eleita (atendimento a dois dos três métodos) fosse ditada pelo atendimento aos métodos PRO 11 ou PRO 269 – com a natural exclusão da espessura preconizada pelo método mecanístico, a maior – o resultado final deveria ser revisto de forma a fazer prevalecer a espessura obtida pelo método mecanístico determinante.

Na complementação dos trabalhos, com o objetivo de propiciar uma melhor análise espectral, julgou-se adequado plotar em gráficos as características estruturais do sistema pavimento – solo de fundação e as espessuras de reforço preconizadas pelos métodos DNER-PRO 11/79, DNER-PRO 269/94 e Mecanístico (Paragon) para o trecho como um todo, considerando as faixas individualizadas (lado direito e lado esquerdo). Posteriormente, apresentou-se um gráfico com as espessuras de reforço preconizadas pelos métodos DNER-PRO 11/79, DNER-PRO 269/94 e Mecanístico (Paragon) – já processadas no caso do método Paragon com a integração entre as duas faixas – procedimento adotado com o objetivo de facilitar a definição da "espessura mediana" (atendimento simultâneo a pelo menos dois métodos), policiada pela *otimização das espessuras, com a eliminação de segmentos externando curtas extensões*.

Assim considerando, cabe ressaltar que os pressupostos básicos que regem as condições de dimensionamento de ambas as metodologias guardam certa identidade: no caso do PRO-11, a proposição básica se fundamenta na definição da espessura de reforço, constituída por um material apresentando uma "potência de reforço", que seja capaz de limitar o nível de deformabilidade vigente a níveis admissíveis, capazes de prolongar sua vida através do alívio de suas solicitações; no caso da metodologia Paragon, por sua vez, tem-se em conta as resistências à fadiga do reforço do pavimento e da camada de revestimento existente e à deformação permanente do solo de fundação.

Sob tais condições, as espessuras de reforço estrutural preconizadas pela abordagem empírico-mecanicista foram determinadas a partir da limitação dos esforços atuantes na face inferior do reforço condicionada pela sua resistência intrínseca (esforços resistentes), condição que filosoficamente se assemelha à demanda do PRO-11, que limita as deflexões reversíveis vigentes a valores máximos admissíveis; em suma, ambas as metodologias estabeleceram os esforços atuantes (tensões horizontais de tração e deflexões reversíveis máximas) os quais foram cotejados e limitados pelos esforços admissíveis.
Os gráficos comparativos e as espessuras determinadas, por segmentos homogêneos da pista simples, são apresentados a seguir.

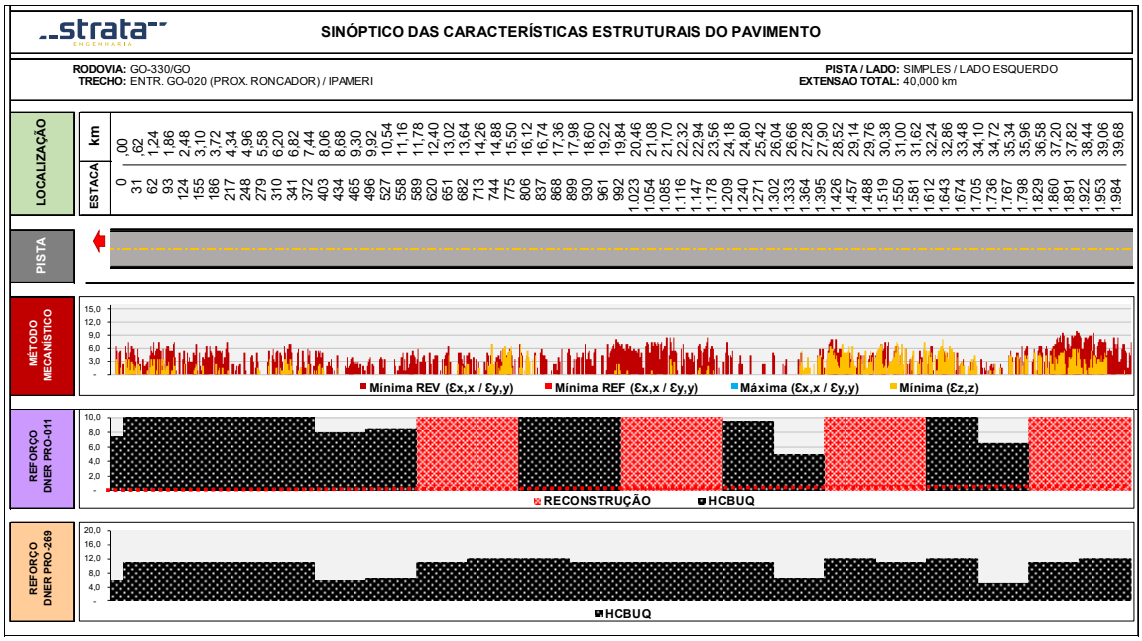


Figura 273 – Espessuras de reforço demandadas pelos três métodos – PRO-11 / PRO-269 / Mecanístico – Paragon (Pista Simples/ Lado Esquerdo).

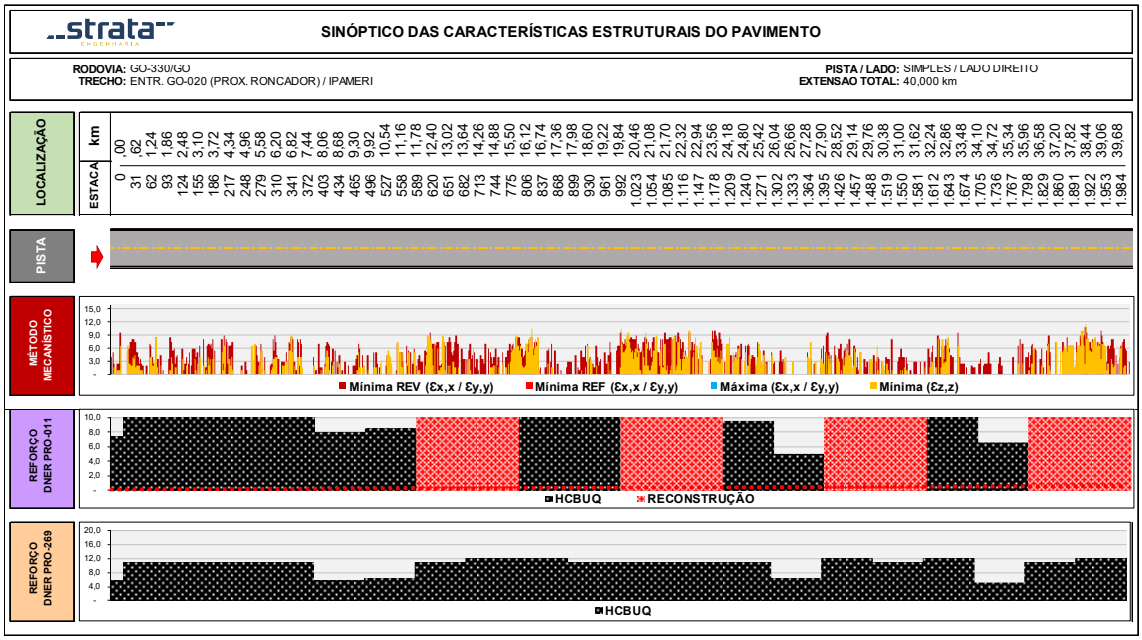


Figura 274 – Espessuras de reforço demandadas pelos três métodos – PRO-11/ PRO-269/ Mecanístico – Paragon (Pista Simples/ Lado Direito).

Salienta-se que a abordagem se propõe, portanto, a atender concomitantemente aos dois métodos normatizados apresentados, definição que pode resultar em espessuras muito variadas. Com isso, faz-se então necessária a eliminação de fracionamentos excessivos em termos longitudinais, de modo a ficarem traduzidas condições notáveis de exequibilidade. O resultado do cotejamento em questão será exposto abaixo em modelo gráfico:

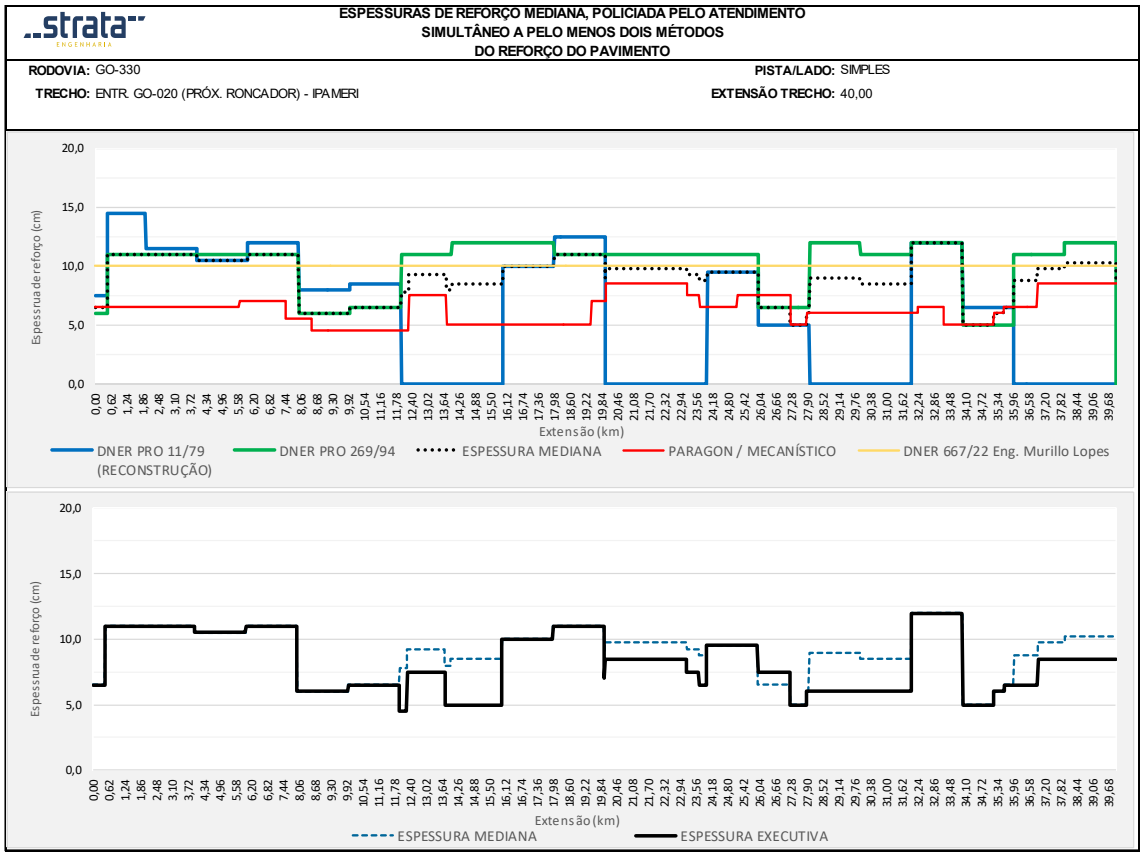


Figura 275 – Espessura de reforço mediana com atendimento à maior espessura preconizada pelos dois métodos normatizados – Pista Simples – km 0,000 ao km 40,000.

RESUMO DA ESPESSURA DE REFORÇO MEDIANA, POLICIADA PELO ATENDIMENTO SIMULTÂNEO A PELO MENOS DOIS MÉTODOS

RODOVIA: GO-330 **PISTA/LADO:** SIMPLES/DIREITO

TRECHO: ENTR. GO-020 (PRÓX. RONCADOR) - IPAMERI **EXTENSÃO TRECHO:** 40,00 km

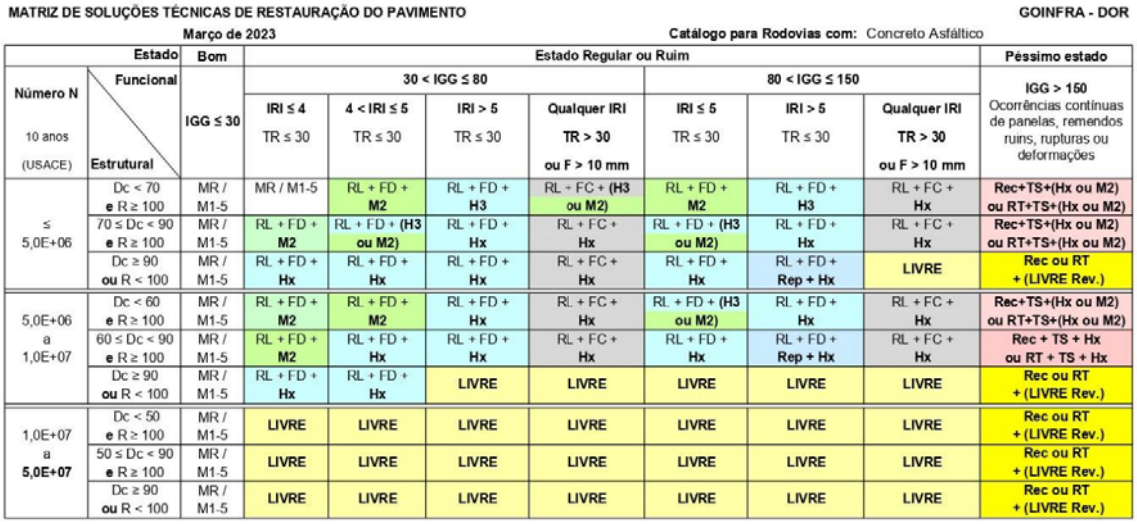
Nº	SEGMENTO HOMOGÊNEO				EXTENSÃO (m)	ESPESSURA TOTAL DE REVESTIMENTO (cm)
	ESTACA		km			
	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL		
1	0	24	0,00	0,48	480	6,5
2	24	199	0,48	3,98	3.500	11,0
3	199	299	3,98	5,98	2.000	10,5
4	299	399	5,98	7,98	2.000	11,0
5	399	499	7,98	9,98	2.000	6,0
6	499	599	9,98	11,98	2.000	6,5
7	599	614	11,98	12,28	300	4,5
8	614	688	12,28	13,76	1.480	7,5
9	688	799	13,76	15,98	2.220	5,0
10	799	899	15,98	17,98	2.000	10,0
11	899	999	17,98	19,98	2.000	11,0
12	999	1.000	19,98	20,00	20	7,0
13	1.000	1.160	20,00	23,20	3.200	8,5
14	1.160	1.184	23,20	23,68	480	7,5
15	1.184	1.199	23,68	23,98	300	6,5
16	1.199	1.299	23,98	25,98	2.000	9,5
17	1.299	2.000	25,98	40,00	14.020	7,5

Figura 276 – Resumo da espessura de reforço mediana com atendimento à maior espessura preconizada pelos dois métodos normatizados – Pista Simples – km 0,000 ao km 40,000.

4.2.8.5.Aplicação Da Matriz De Soluções Técnicas De Restauração Do Pavimento – IP-12

Consoante ao atendimento da Instrução de Projetos Rodoviários IP-12 da GOINFRA para Projetos de Restauração Estrutural, proceder-se-á no presente tópico com a utilização da matriz de soluções técnicas de restauração do pavimento para aferir o contexto das duas alternativas já abordadas no presente documento.

O catálogo utilizado será o constante na página 17 da Instrução de Projetos IP-12 (Concreto Asfáltico) e é representado pela imagem a seguir.



MATRIZ DE SOLUÇÕES TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO DO PAVIMENTO — GOINFRA - DOR

Março de 2023 — Catálogo para Rodovias com: Concreto Asfáltico

Número N (10 anos) (USACE)	Estado: Funcional / Estrutural	Bom	Estado Regular ou Ruim							Péssimo estado
			30 < IGG ≤ 80				80 < IGG ≤ 150			
		IGG ≤ 30	IRI ≤ 4 TR ≤ 30	4 < IRI ≤ 5 TR ≤ 30	IRI > 5 TR ≤ 30	Qualquer IRI TR > 30 ou F > 10 mm	IRI ≤ 5 TR ≤ 30	IRI > 5 TR ≤ 30	Qualquer IRI TR > 30 ou F > 10 mm	IGG > 150 Ocorrências contínuas de panelas, remendos ruins, rupturas ou deformações
≤ 5,0E+06	Dc < 70 e R ≥ 100	MR / M1-5	MR / M1-5	RL + FD + M2	RL + FD + H3	RL + FC + (H3 ou M2)	RL + FD + M2	RL + FD + H3	RL + FC + Hx	Rec+TS+(Hx ou M2) ou RT+TS+(Hx ou M2)
	70 ≤ Dc < 90 e R ≥ 100	MR / M1-5	RL + FD + M2	RL + FD + (H3 ou M2)	RL + FD + Hx	RL + FC + Hx	RL + FD + (H3 ou M2)	RL + FD + Hx	RL + FC + Hx	Rec+TS+(Hx ou M2) ou RT+TS+(Hx ou M2)
	Dc ≥ 90 ou R < 100	MR / M1-5	RL + FD + Hx	RL + FD + Hx	RL + FD + Hx	RL + FC + Hx	RL + FD + Hx	RL + FD + Rep + Hx	LIVRE	Rec ou RT + (LIVRE Rev.)
5,0E+06 a 1,0E+07	Dc < 60 e R ≥ 100	MR / M1-5	RL + FD + M2	RL + FD + M2	RL + FD + Hx	RL + FC + Hx	RL + FD + (H3 ou M2)	RL + FD + Hx	RL + FC + Hx	Rec+TS+(Hx ou M2) ou RT+TS+(Hx ou M2)
	60 ≤ Dc < 90 e R ≥ 100	MR / M1-5	RL + FD + M2	RL + FD + Hx	RL + FD + Hx	RL + FC + Hx	RL + FD + Hx	RL + FD + Rep + Hx	RL + FC + Hx	Rec + TS + Hx ou RT + TS + Hx
	Dc ≥ 90 ou R < 100	MR / M1-5	RL + FD + Hx	RL + FD + Hx	LIVRE	LIVRE	LIVRE	LIVRE	LIVRE	Rec ou RT + (LIVRE Rev.)
1,0E+07 a 5,0E+07	Dc < 50 e R ≥ 100	MR / M1-5	LIVRE	LIVRE	LIVRE	LIVRE	LIVRE	LIVRE	LIVRE	Rec ou RT + (LIVRE Rev.)
	50 ≤ Dc < 90 e R ≥ 100	MR / M1-5	LIVRE	LIVRE	LIVRE	LIVRE	LIVRE	LIVRE	LIVRE	Rec ou RT + (LIVRE Rev.)
	Dc ≥ 90 ou R < 100	MR / M1-5	LIVRE	LIVRE	LIVRE	LIVRE	LIVRE	LIVRE	LIVRE	Rec ou RT + (LIVRE Rev.)

Figura 277 – Matriz de Soluções Técnicas de Restauração do Pavimento (Concreto Asfáltico) – IP-12 GOINFRA.

Foi criada uma tabela específica que relaciona cada um dos segmentos homogêneos definidos a uma solução do catálogo supracitado, de acordo com seus parâmetros caracterizadores – Número "N", IRI, Flecha, IGG e Deflexões Características, a qual se dispõe a seguir.

APLICAÇÃO DA MATRIZ DE SOLUÇÕES TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO - IP-12 (GOINFRA)											
SH	km Inicial	km Final	Dc (10^-2mm)	Rc (m)	IGG	ATR LD (%)	ATR LE (%)	IRI LD	IRI LE	IRI Máx	Solução Segundo o Catálogo de Rodovias (Concreto Asfáltico)
1	0,00	0,50	66,3	114,7	54,2	36,0	56,0	2,62	2,78	2,78	LIVRE
2	0,50	2,00	98,2	100,4	94,2	78,7	69,3	2,62	3,05	3,05	LIVRE
3	2,00	4,00	83,3	105,9	104,6	63,0	80,0	2,82	4,06	4,06	LIVRE
4	4,00	6,00	78,3	117,6	113,2	79,0	70,0	2,93	3,84	3,84	LIVRE
5	6,00	8,00	84,7	118,3	145,0	66,0	72,0	3,78	4,84	4,84	LIVRE
6	8,00	10,00	67,7	124,2	73,1	48,0	42,0	3,09	3,55	3,55	LIVRE
7	10,00	12,00	68,7	135,9	85,7	55,0	35,0	3,11	3,92	3,92	LIVRE
8	12,00	14,00	83,8	94,3	173,9	94,0	68,0	3,96	4,08	4,08	REC ou RT + (LIVRE Rev.)
9	14,00	16,00	84,2	100,6	205,4	94,0	82,0	4,82	4,75	4,82	REC ou RT + (LIVRE Rev.)
10	16,00	18,00	74,8	112,0	95,2	65,0	57,0	3,08	3,95	3,95	LIVRE
11	18,00	20,00	86,4	106,9	133,4	72,0	74,0	4,14	6,06	6,06	LIVRE
12	20,00	22,00	119,3	61,7	191,8	80,0	89,0	5,56	8,30	8,30	REC ou RT + (LIVRE Rev.)
13	22,00	24,00	110,1	85,3	134,3	77,0	63,0	4,65	5,64	5,64	LIVRE
14	24,00	26,00	73,0	132,2	87,3	77,0	29,0	3,97	3,60	3,97	LIVRE
15	26,00	28,00	56,7	128,8	36,9	44,0	21,0	3,37	3,51	3,51	LIVRE
16	28,00	30,00	74,9	94,0	106,3	67,0	52,0	2,93	4,28	4,28	LIVRE
17	30,00	32,00	69,8	98,1	67,4	55,0	43,0	2,64	3,94	3,94	LIVRE
18	32,00	34,00	85,1	109,3	142,0	94,0	75,0	3,49	3,92	3,92	LIVRE
19	34,00	36,00	61,2	128,9	38,2	72,0	30,0	2,51	2,82	2,82	LIVRE
20	36,00	38,00	97,0	90,1	163,2	79,0	83,0	4,29	6,05	6,05	REC ou RT + (LIVRE Rev.)
21	38,00	40,00	108,3	66,0	151,5	88,1	64,4	3,50	4,81	4,81	REC ou RT + (LIVRE Rev.)

Figura 278 – Matriz de Soluções Técnicas de Restauração do Pavimento (Concreto Asfáltico) – IP-12 GOINFRA.

Soluções Segundo Catálogo IP-12	Número de Segmentos
MR/M1-5	0
RL+FD+M2	0
RL+FD+H3	0
RL+FC+Hx	0
Rec+TS+(Hx ou M2) ou RT+TS+(Hx ou M2)	0
LIVRE	16
REC ou RT + (LIVRE Rev.)	5

Figura 279 – Matriz de Soluções Técnicas de Restauração do Pavimento (Concreto Asfáltico) – IP-12 GOINFRA.

Após a aplicação do referido catálogo e a avaliação dos resultados obtidos, a consultora decidiu manter a preconização das Alternativas I e II, a serem expostas em subtópicos posteriores, como alternativas de soluções indicadas para o trecho em análise. Isso se deve ao fato de que, para a maior parte dos segmentos, a escolha da solução fica a critério do projetista. Nos casos em que a Matriz de Decisão definiu uma solução específica, as recomendações apontaram para a reconstrução total ou a reciclagem da base, o que se mostra coerente com a abordagem proposta pela consultora.

4.2.9. DEFINIÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO DE RESTAURAÇÃO

Com base nas análises efetuadas no pavimento da rodovia GO-330, torna-se possível definir alternativas de soluções de restauração e, com base na avaliação e compreensão das mesmas, determinar, junto à equipe de projetos da GOINFRA, a solução final de restauração a ser adotada.

É essencial, ainda, ressaltar a necessidade de se apresentar alternativas de soluções de projeto, conforme preconizado no Termo de Referência pertinente ao presente contrato, as quais devem ser estudadas e avaliadas visando a escolha da que se associar ao melhor custo benefício dentre todas. Assim considerando, a consultora julgou como oportuna a proposição de duas alternativas de solução para uma restauração efetiva do pavimento em estudos, sendo ambas em pavimentos flexíveis. Tais alternativas são descritas individualmente em subtópicos posteriores para a então elaboração de um comparativo de custos visando a indicação daquela com o melhor fator custo/benefício.

4.2.9.2.Alternativas de Solução

A seguir são detalhadas as proposições alternativas para a restauração do pavimento em análise:

- ***Alternativa I: Reciclagem da camada de base existente com incorporação de fração revestimento e 2% de cimento Portland + Imprimação (EAI) + Camada Antirreflexão de Trincas (CART) + Camada de Revestimento em CBUQ Faixa "B" com polímero + Camada de Revestimento em CBUQ Faixa "C" com polímero - km 0 ao km 40,00***

A primeira alternativa de solução se alicerça em quatro quesitos principais: o primeiro, pela excepcionalidade da solução, de alta qualificação intrínseca e para a composição do sistema estratificado; o segundo, pela imperiosidade de remoção do revestimento existente, em estado avançadíssimo de fadiga, repleto de trincas FC-2 e FC-3 e acometido de cisalhamento da base de forma notável; o terceiro, pela vantagem de se melhor qualificar a camada de base existente, que embora não evidencie quaisquer deficiências de plasticidade ou de capacidade de suporte, foi ela executada inicialmente com deficiências de compactação, condição que a submeteu, no passado, a processos de cisalhamento nas trilhas de roda devidos à sobrecompactação exercida pela pesado tráfego usuário e quarto, pelas necessidades de amenizar o passivo (material fresado) a ser gerado e atender disposição normativa referente.

O procedimento de reciclagem, na presente proposição consiste na incorporação do material fresado à camada de base existente, por meio de utilização de recicladora asfáltica. Complementando a mistura de materiais granular e fresado, julgou-se imprescindível a adição de 2% de cimento Portland com o objetivo de fornecer coesão à mistura final, exigência advinda do fato de os materiais granulares da camada de base não serem dotados de elevada fração coesiva e externarem trincamentos de acomodação volumétrica, decorrentes de condições de trabalho com umidades menores que as umidades ótimas de construção.

Posteriormente, dá-se início à etapa de imprimação da camada de base. Esse procedimento deverá ser realizado com Emulsão Asfáltica para Imprimação (EAI), em respeito aos dizeres da Especificação de Serviços GOINFRA ES-PAV 007/2019 (necessidade de EAI para bases grnaulares com adição de cimento), cuja finalidade é garantir a penetração uniforme do asfalto na camada de base, promovendo a adesão necessária entre as camadas.

Seguidamente, no âmbito dessa proposição corretiva da camada de base, contemplada com a adição de 2% de cimento Portland, faz-se fundamentalmente necessária a interposição de uma camada antirreflexão de trincas (CART) entre a camada de base e o novo revestimento asfáltico a ser aplicado, concebida de forma a evitar a reflexão das trincas térmicas que se acomodarão, seguramente, no seio da camada melhorada com cimento Portland. De forma a conter a reflexão dessas trincas térmicas para o revestimento asfáltico, concebeu-se o emprego de um Tratamento Superficial Duplo (TSD), que se destina a compor uma camada dotada de elevado índice de vazios, capaz de impedir a ascensão das trincas originadas na camada de base.

Para o preenchimento de degraus entre acostamento e pista, deverá ser utilizado Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) Faixa "B", com uma espessura tal que a altura do revestimento dos acostamentos seja, no máximo, 5,0 cm inferior à da pista de rolamento, diferença esta que configura um degrau que serve como marco físico de alerta para que os motoristas não trafeguem próximos ao acostamento.

Seguidamente às proposições de composição da nova camada de base, promoveram-se estudos com o objetivo de definir a composição e a espessura da camada asfáltica de revestimento. Após uma série de reflexões, contemplando as adequabilidades estruturais, a magnitude e intensidade do tráfego pesado usuário e as elevadíssimas temperaturas reinantes na região, optou-se pelo emprego de uma camada de desgaste de Concreto Asfáltico Usinado a Quente - Faixa "C" DNIT, a ser composto por CAP 60-85-E, com espessura fixa de 4,0 cm, sobreposta a um binder em CBUQ Faixa "B", a ser composto por CAP 55-75-E, de espessura variável conforme há de expor ao fim do presente arrazoado. A seleção desses ligantes asfálticos se pautou em três características principais: a) na facilidade e melhores condições de miscigenação de um CAP mais fluído com os agentes poliméricos; b) em suas qualificações de externarem ponto de amolecimento e recuperação elástica mais elevados, importantes no comportamento em pista em trechos que externaram temperaturas da ordem de 42ºC (medidas na campanha deflectométrica) e c) no fato de que durante o processo de usinagem das misturas asfáltica ocorre cerca de 60% de todo o envelhecimento que o ligante asfáltico de constituição sofre durante toda a sua vida; outros 20%, ocorrem durante as operações de transporte, espalhamento e compactação na pista, ou seja, o processo executivo é extremamente agressivo e macula de forma substancial as propriedades originais do ligante asfáltico.

A proposição de utilização de ligante asfáltico com aditivo polimérico se justifica, por conseguinte, por vários benefícios que advêm da incorporação desse aditivo, podendo-se citar nomeadamente:

a) O cimento asfáltico de petróleo é constituído por uma cadeia de hidrocarbonetos não saturados que exibe uma grande propensão à oxidação – absorção de moléculas de oxigênio – que o torna cada vez mais rígido (ou menos flexível), faculdade que propicia sua transição continuada dos materiais dúcteis para os materiais frágeis. Assim, as camadas asfálticas mais velhas – cada vez mais rígidas e quebradiças –, se apresentam mais susceptíveis ao desenvolvimento de tensões horizontais de trações (atuantes) mais acentuadas, nomeadamente quando dispostas sobre bases granulares flexíveis; diferenças modulares muito elevadas entre as camadas asfálticas e de base granular respondem por colapsos desastrosos. A adição de polímero – primo-irmão do asfalto – "preenche" as ligações disponíveis na cadeia principal, agindo como uma verdadeira "água da juventude" para o ligante asfáltico, pois constitui o atributo capaz de retardar,

de maneira notável, seu envelhecimento, deixando-o flexível por muito mais tempo.

b) O ligante asfáltico in natura, por se tratar de um material viscoelástico e termossensível, exibe grande suscetibilidade aos tempos de aplicação de carga e à temperatura, características que respondem pelo realce de sua componente viscosa, distinção que o induz a escoamentos viscosos. Sob tais condições, seu emprego em locais de clima quente e sujeitos a tráfegos pesados e lentos – condições que caracterizam o pavimento em questão – se torna naturalmente inadequado, particularidade que requer melhorias de suas qualificações, as quais podem ser supridas pela incorporação de polímeros dos tipo SBS ou EVA; concomitantemente, tais produtos dotam os concretos asfálticos de maior poder de recuperação elástica, tornando-os também menos sensíveis aos tempos de carga e às temperaturas.

c) De igual forma, necessário se faz contextualizar que os ligantes asfálticos hoje disponíveis – sempre "duros" – demandam aquecimentos cada vez mais elevados para suas fluidificações, minudência que propicia, de forma notável, a volatilização de seus componentes leves. Os perigos do superaquecimento, passíveis de ocorrer, são dignos de menção e devem ser revestidos de importância maior, pois os ligantes asfálticos, embora compostos predominantemente por frações sólidas – os asfaltenos – são complementados por frações consideráveis de óleos – os maltenos – e frações aromáticas – os carbóides e os carbenos – as quais são extremamente voláteis sob aquecimentos a elevadas temperaturas. Essa "queima" verificada nos superaquecimentos, se traduz pela perda de óleos e voláteis leves, tornando os ligantes mais rígidos - menos flexíveis -, peculiaridade que influencia de forma negativa no desempenho da camada asfáltica.

Dada a importância dessa transformação, vale destacar que incrementos de temperaturas, respondem por uma potencialização do fenômeno da oxidação, o qual se manifesta pela rigidificação exacerbada da cadeia de hidrocarbonetos – originalmente não saturada – que passa a incorporar moléculas de oxigênio, beneficiadas pela ativação molecular gerada pelo acréscimo de temperatura; a cada incremento de 10º C na temperatura de um ligante aquecido à 100ºC, dobra-se a taxa de oxidação.

Destarte, sabendo-se de antemão que um ligante asfáltico CAP 50-70 (0,1mm) - in natura - ao ser usinado sofre de 60% de seu envelhecimento mais 20% durante as operações de transporte, espalhamento e compactação, pode-se afirmar que ao cabo da execução de uma camada asfáltica a penetração do ligante residual passa a ser da ordem dos 30-45 (0,1mm) e que um ligante CAP 30-45 passa a apresentar uma penetração da ordem dos 20-25 (0,1mm), ou seja, extremamente rígido e quebradiço, impróprio para compor uma camada de revestimento de um pavimento flexível. Sob tais condições julga-se, no caso presente, que a utilização de um ligante asfáltico com polímero se torna exigência imperiosa.

As espessuras do revestimento asfáltico foram determinadas, para a presente alternativa de solução, a partir do emprego concomitante de dois procedimentos versados para o dimensionamento tendo em conta que a alteração proposta para a estrutura existente induz à necessidade de se avaliar uma nova estrutura estratificada: o Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis (DNER 667/22) e o Método Paragon, calcado nas premissas básicas de avaliação da estrutura contemplada como um sistema estratificado elásticos submetido à cargas exteriores (procedimento mecanístico).

O cotejamento entre as metodologias aplicadas e a definição da espessura final a ser adotada em cada segmento é apresentado a seguir.

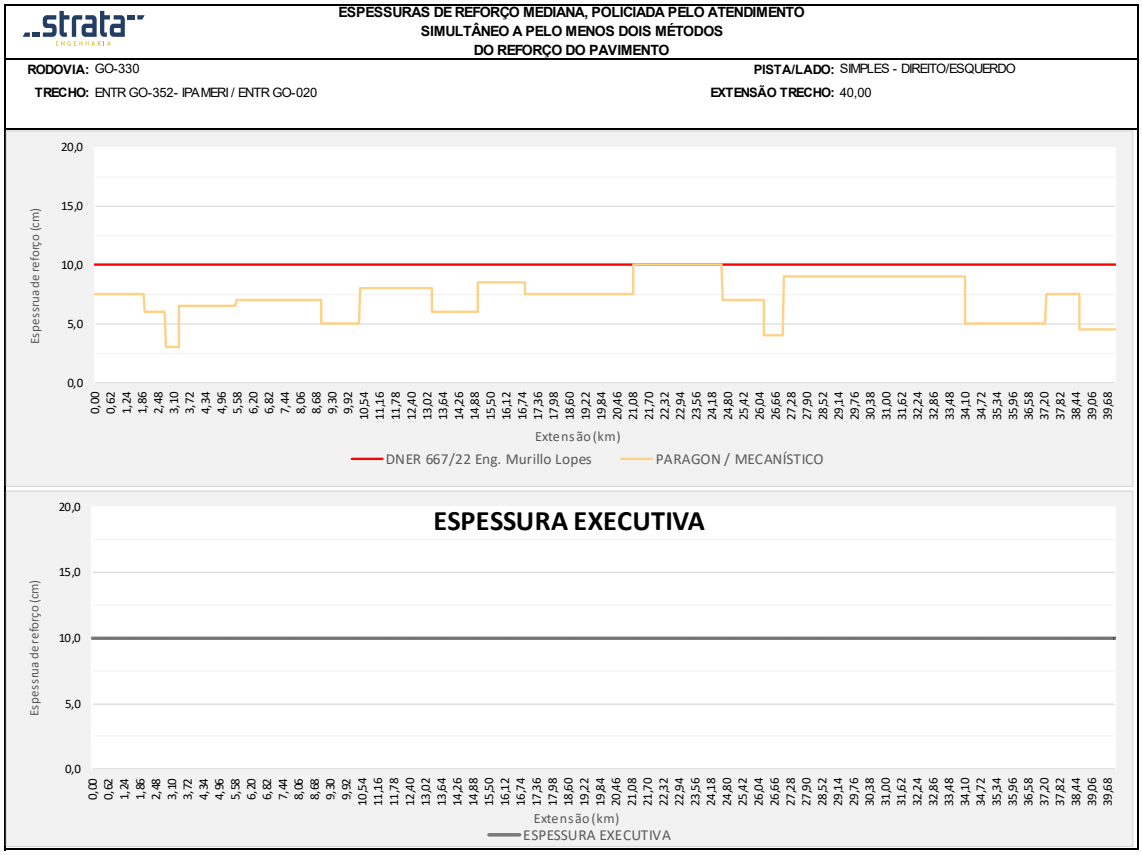
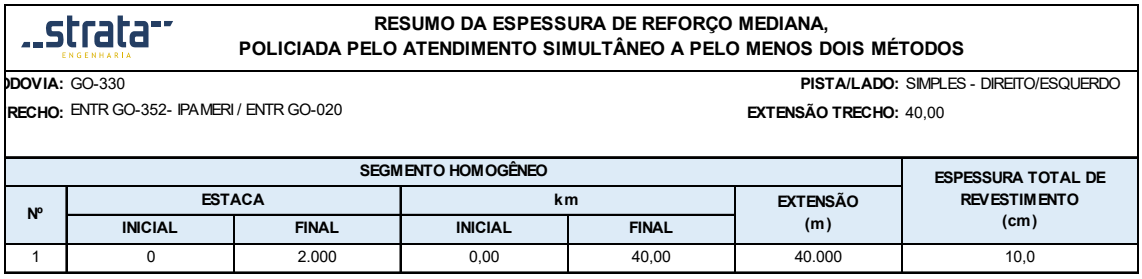


Figura 280 – Espessura de reforço mediana com atendimento a pelo menos dois métodos.



SEGMENTO HOMOGÊNEO						ESPESSURA TOTAL DE REVESTIMENTO (cm)
Nº	ESTACA		km		EXTENSÃO (m)	
	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL		
1	0	2.000	0,00	40,00	40.000	10,0

Figura 281 – Resumo da espessura de reforço mediana policiada pelo atendimento simultâneo a pelo menos dois métodos.

A seguir, apresentam-se a Seção Tipo e os detalhamentos da estrutura estratificada da **Alternativa I** de solução.

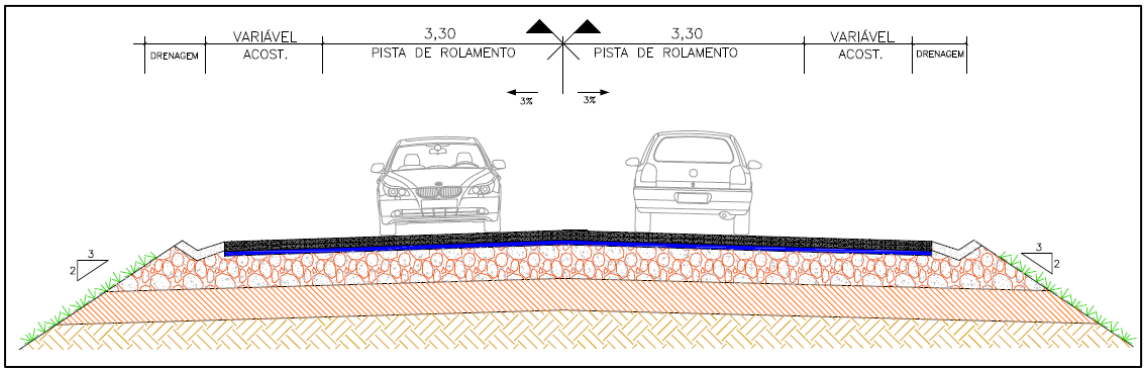


Figura 282 – Seção Tipo relativa à Alternativa I (Pista Simples)

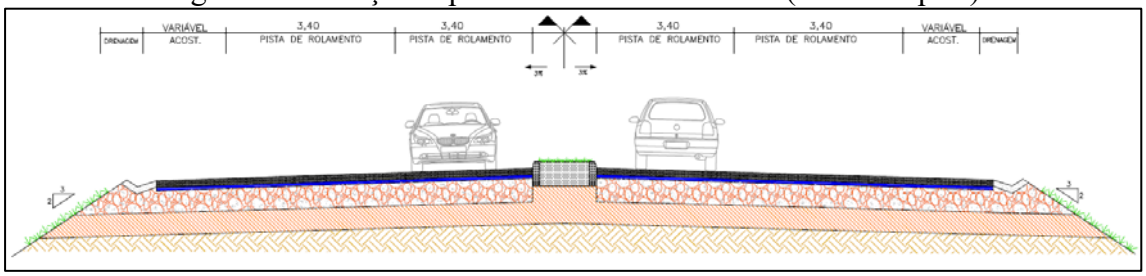


Figura 283 – Seção Tipo relativa à Alternativa I (Interseção)

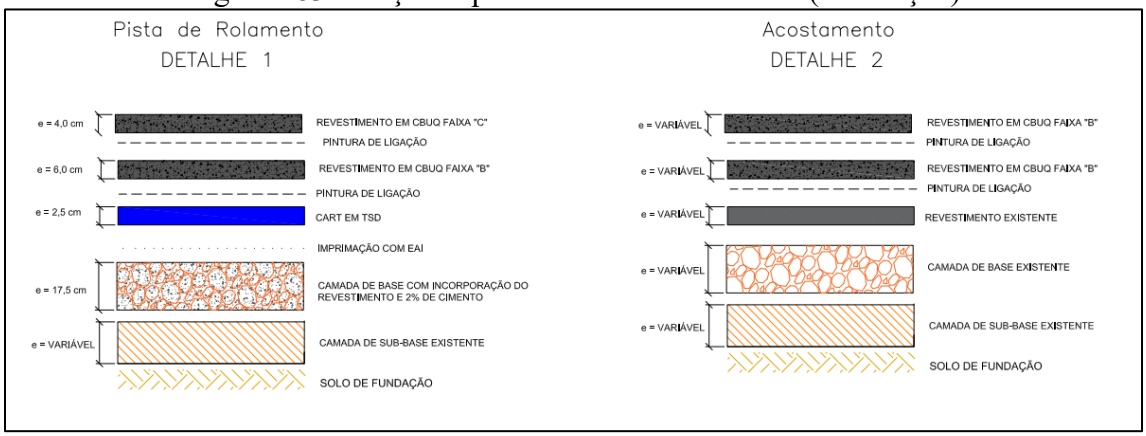


Figura 284 – Detalhamentos do pavimento relativo à Alternativa I

- ***Alternativa II: Fresagem contínua do revestimento asfáltico + Imprimação da camada de base (CM-30) + Camada de Revestimento em CBUQ Faixa "B" com polímero + Pintura de Ligação + Camada de Revestimento em CBUQ Faixa "C" com polímero + Reparos Profundos em áreas de Fragilidade e Defeitos Estruturais – km 0,00 ao km 40,00***

O procedimento de solução da presente alternativa fundamenta-se no fato de que, embora o trecho apresente um comportamento estrutural adequado para suportar as cargas de tráfego previstas durante o período de projeto, o revestimento atual encontra-se significativamente deteriorado, apresentando sérios problemas de fadiga que comprometem tanto a funcionalidade quanto o conforto na trafegabilidade dos usuários. Essa condição pode gerar impactos negativos na segurança viária e na eficiência do tráfego, especialmente em áreas onde os defeitos superficiais são mais acentuados. Assim, a solução busca não apenas manter a capacidade estrutural do pavimento, mas também restaurar as condições adequadas de rolamento,

priorizando intervenções no revestimento que garantam um desempenho mais uniforme ao longo do trecho.

Dessa forma, propõe-se a execução de uma fresagem contínua do revestimento existente, com o objetivo de remover integralmente o revestimento comprometido. Posteriormente inicia-se a etapa de imprimação da camada de base. Esse procedimento é realizado com Asfalto Diluído (CM-30), com a finalidade de garantir a penetração uniforme do asfalto na camada de base, promovendo a adesão necessária entre as camadas e a devida impermeabilização da base granular existente.

Concluído o processo de imprimação, passa-se à execução da camada de revestimento asfáltico, projetada para conferir maior capacidade de suporte ao pavimento, conforme dimensionamento realizado. A referida camada consiste em um binder (camada de integração), de CBUQ Faixa "B" com Polímero, a ser sobreposto por por uma camada de desgaste de CBUQ Faixa "C" com polímero. As espessuras dessas camadas foram definidas com base no cotejamento realizado entre as metodologias de dimensionamento de reforço discutidas anteriormente: DNER 667/22 e Metodologia Paragon.

Para a presente alternativa, ainda, é essencial que sejam promovidos reparos profundos em segmentos específicos que se encontram combalidos por problemas estruturais relacionados à insuficiência da camada granular de base e percolação das águas – atendo-se às normativas GOINFRA ES-PAV-011/2019, ES-SC-003/2019 e ES-SC 004/2019, ambas constantes no Manual de Conservação e Manutenção Rodoviária da GOINFRA – em áreas acometidas por:

- Ruptura de bordos;
- Borrachudos;
- Afundamentos;
- Defeitos localizados devidos a falhas de construção ou deficiência estrutural.

Os referidos segmentos em que se preconizou a execução de reparos profundos constam na relação a seguir.

SEGMENTO HOMOGÊNEO				
DESCRIÇÃO	km		ESTACA GEOMÉTRICO	
	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
Pista Simples - Seg 2	0,500	2,000	25 + 0,00	100 + 0,00
Pista Simples - Seg 3	2,000	4,000	100 + 0,00	200 + 0,00
Pista Simples - Seg 4	4,000	6,000	200 + 0,00	300 + 0,00
Pista Simples - Seg 5	6,000	8,000	300 + 0,00	400 + 0,00
Pista Simples - Seg 7	10,000	12,000	500 + 0,00	600 + 0,00
Pista Simples - Seg 8	12,000	14,000	600 + 0,00	700 + 0,00
Pista Simples - Seg 9	14,000	16,000	700 + 0,00	800 + 0,00
Pista Simples - Seg 10	16,000	18,000	800 + 0,00	900 + 0,00
Pista Simples - Seg 11	18,000	20,000	900 + 0,00	1.000 + 0,00
Pista Simples - Seg 12	20,000	22,000	1.000 + 0,00	1.100 + 0,00
Pista Simples - Seg 13	22,000	24,000	1.100 + 0,00	1.200 + 0,00
Pista Simples - Seg 16	28,000	30,000	1.400 + 0,00	1.500 + 0,00
Pista Simples - Seg 18	32,000	34,000	1.600 + 0,00	1.700 + 0,00
Pista Simples - Seg 20	36,000	38,000	1.800 + 0,00	1.900 + 0,00
Pista Simples - Seg 21	38,000	40,000	1.900 + 0,00	2.000 + 0,00

Figura 285 – Segmentos a serem alvo de reparos profundos (remoção da base existente e execução de BGS com 20,0cm de espessura).

Os reparos profundos a serem executados nos segmentos em questão deverão ser realizados em uma área equivalente a **2% da área total dos referidos segmentos**, porcentagem que se julga suficiente em razão das condições presentes do trecho em que a grande maioria dos defeitos advém da ruína do revestimento asfáltico, e não de problemas estruturais.

Posteriormente, deverá ser executado o preenchimento com CBUQ Faixa “B” com polímero na área dos acostamentos, com uma espessura tal que a altura do revestimento dos acostamentos seja até, no máximo, 5,0 cm inferior à da pista de rolamento, diferença esta que configura um degrau que serve como marco físico de alerta para que os motoristas não trafeguem próximos ao acostamento.

O cotejamento entre as metodologias aplicadas e a definição da espessura final a ser adotada na presente alternativa, por segmentos, é apresentado a seguir.

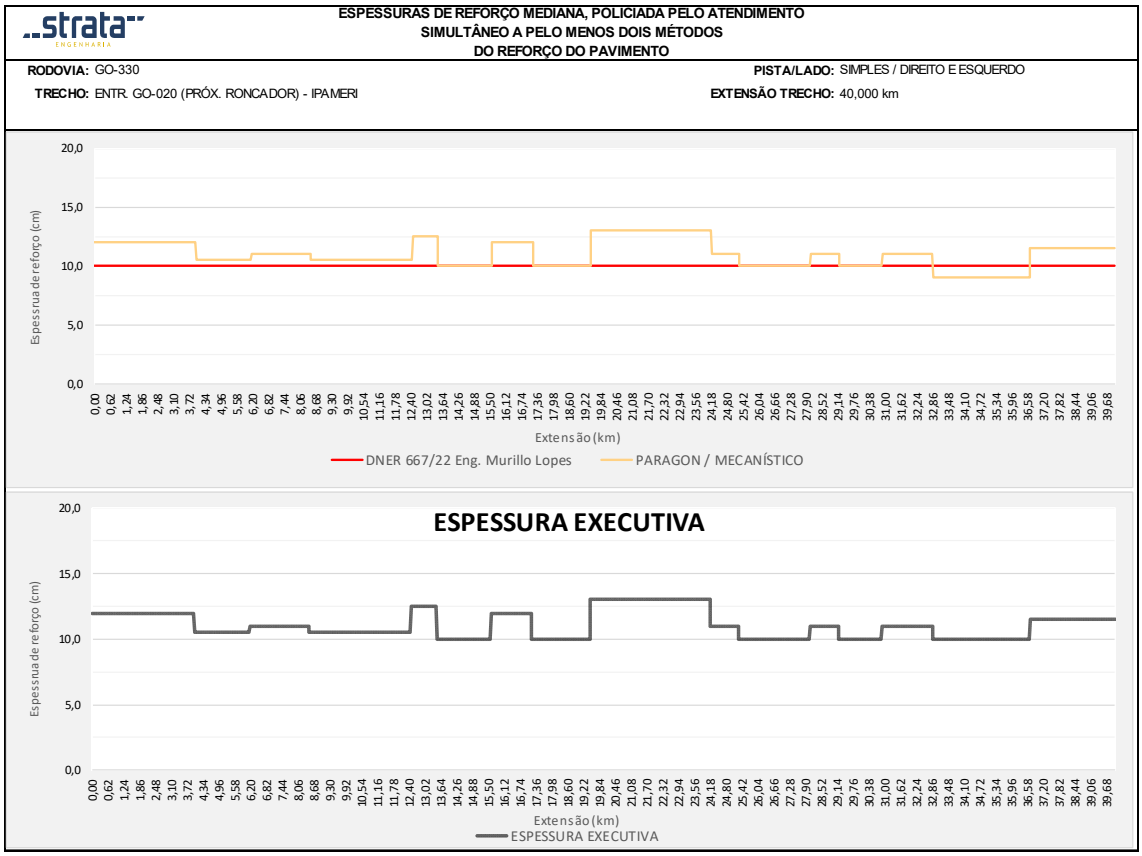


Figura 109 – Espessura de reforço mediana com atendimento a pelo menos dois métodos.

RESUMO DA ESPESSURA DE REFORÇO MEDIANA, POLICIADA PELO ATENDIMENTO SIMULTÂNEO A PELO MENOS DOIS MÉTODOS

DOVIA: GO-330 **PISTA/LADO:** SIMPLES / DIREITO E ESQUERDO

RECHO: ENTR. GO-020 (PRÓX. RONCADOR) - IPAMERI **EXTENSÃO TRECHO:** 40,000 km

SEGMENTO HOMOGÊNEO						ESPESSURA TOTAL DE REVESTIMENTO (cm)
Nº	ESTACA		km		EXTENSÃO (m)	
	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL		
1	0	200	0,00	4,00	4.000	12,0
2	200	308	4,00	6,16	2.160	10,5
3	308	424	6,16	8,48	2.320	11,0
4	424	624	8,48	12,48	4.000	10,5
5	624	674	12,48	13,48	1.000	12,5
6	674	780	13,48	15,60	2.120	10,0
7	780	860	15,60	17,20	1.600	12,0
8	860	974	17,20	19,48	2.280	10,0
9	974	1.210	19,48	24,20	4.720	13,0
10	1.210	1.264	24,20	25,28	1.080	11,0
11	1.264	1.404	25,28	28,08	2.800	10,0
12	1.404	2.000	28,08	40,00	11.920	11,0

Figura 286 – Resumo da espessura de reforço mediana policiada pelo atendimento simultâneo a pelo menos dois métodos.

A seguir, apresentam-se a Seção Tipo e os detalhamentos da estrutura estratificada da **Alternativa II** de solução.

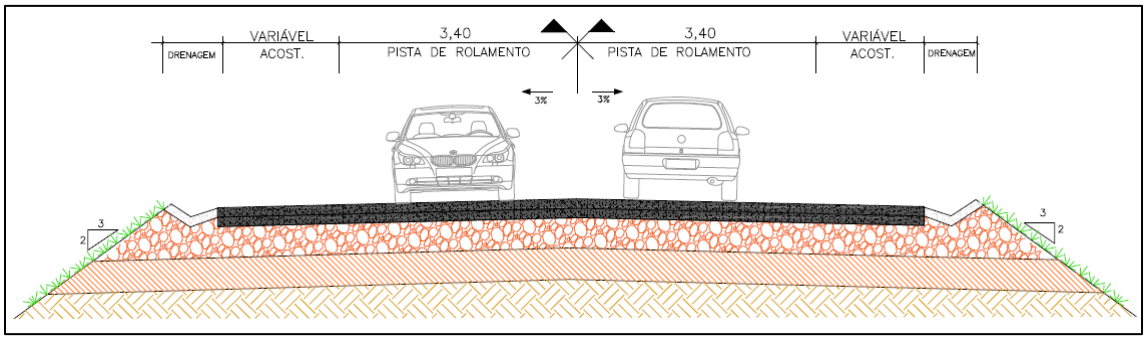


Figura 287 – Seção Tipo relativa à Alternativa II (Pista Simples)

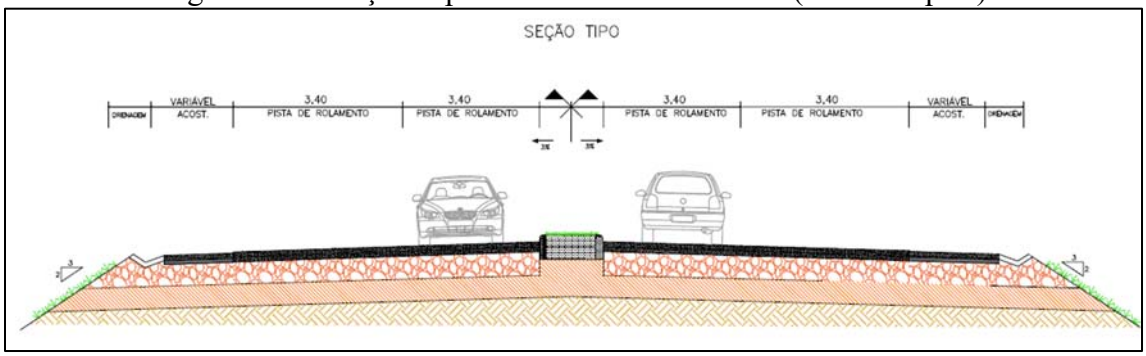


Figura 288 – Seção Tipo relativa à Alternativa II (Interseção)

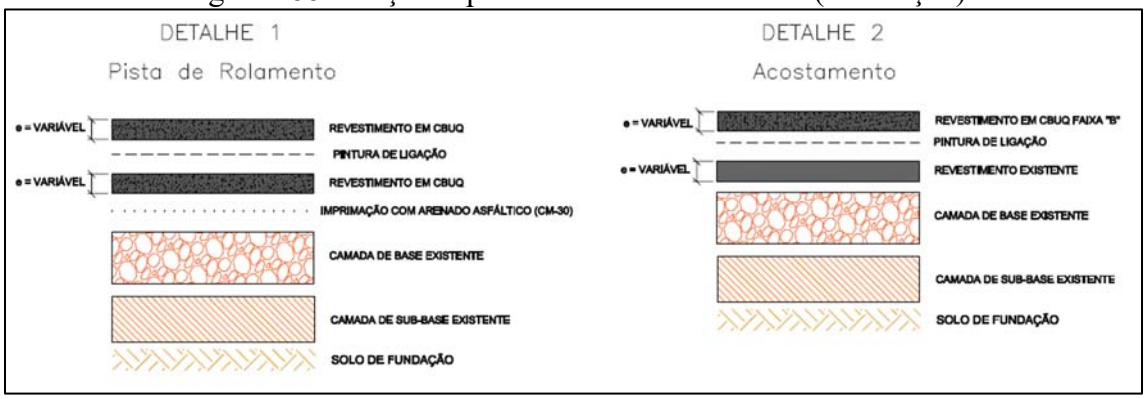


Figura 289 – Detalhamentos do pavimento relativo à Alternativa II

Apresentadas as alternativas de solução, cabe destacar que a proposição de utilização de ligante asfáltico com aditivo polimérico, em ambas alternativas, se justifica, por conseguinte, por vários benefícios que advêm da incorporação desse aditivo, podendo-se citar nomeadamente:

a) O cimento asfáltico de petróleo é constituído por uma cadeia de hidrocarbonetos não saturados que exibe uma grande propensão à oxidação – absorção de moléculas de oxigênio – que o torna cada vez mais rígido (ou menos flexível), faculdade que propicia sua transição continuada dos materiais dúcteis para os materiais frágeis. Assim, as camadas asfálticas mais velhas – cada vez mais rígidas e quebradiças –, se apresentam mais susceptíveis ao desenvolvimento de tensões horizontais de trações (atuantes) mais acentuadas, nomeadamente quando dispostas sobre bases granulares flexíveis; diferenças modulares muito elevadas entre as camadas asfálticas e de base granular respondem por colapsos desastrosos. A adição de polímero – primo-irmão do asfalto – "preenche" as ligações disponíveis na cadeia principal,

agindo como uma verdadeira “água da juventude” para o ligante asfáltico, pois constitui o atributo capaz de retardar, de maneira notável, seu envelhecimento, deixando-o flexível por muito mais tempo.

b) O ligante asfáltico *in natura*, por se tratar de um material viscoelástico e termossensível, exibe grande suscetibilidade aos tempos de aplicação de carga e à temperatura, características que respondem pelo realce de sua componente viscosa, distinção que o induz a escoamentos viscosos. Sob tais condições, seu emprego em locais de clima quente e sujeitos a tráfegos pesados e lentos – condições que caracterizam o pavimento em questão – se torna naturalmente inadequado, particularidade que requer melhorias de suas qualificações, as quais podem ser supridas pela incorporação de polímeros dos tipo SBS ou EVA; concomitantemente, tais produtos dotam os concretos asfálticos de maior poder de recuperação elástica, tornando-os também menos sensíveis aos tempos de carga e às temperaturas.

c) De igual forma, necessário se faz contextualizar que os ligantes asfálticos hoje disponíveis – sempre “duros” – demandam aquecimentos cada vez mais elevados para suas fluidificações, minudência que propicia, de forma notável, a volatilização de seus componentes leves. Os perigos do superaquecimento, passíveis de ocorrer, são dignos de menção e devem ser revestidos de importância maior, pois os ligantes asfálticos, embora compostos predominantemente por frações sólidas – os asfaltenos – são complementados por frações consideráveis de óleos – os maltenos – e frações aromáticas – os carbóides e os carbenos – as quais são extremamente voláteis sob aquecimentos a elevadas temperaturas. Essa “queima” verificada nos superaquecimentos, se traduz pela perda de óleos e voláteis leves, tornando os ligantes mais rígidos - menos flexíveis -, peculiaridade que influencia de forma negativa no desempenho da camada asfáltica.

Dada a importância dessa transformação, vale destacar que incrementos de temperaturas, respondem por uma potencialização do fenômeno da oxidação, o qual se manifesta pela rigidificação exacerbada da cadeia de hidrocarbonetos – originalmente não saturada – que passa a incorporar moléculas de oxigênio, beneficiadas pela ativação molecular gerada pelo acréscimo de temperatura; a cada incremento de 10º C na temperatura de um ligante aquecido à 100ºC, dobra-se a taxa de oxidação.

Destarte, sabendo-se de antemão que um ligante asfáltico CAP 50-70 (0,1mm) - in natura - ao ser usinado sofre de 60% de seu envelhecimento mais 20% durante as operações de transporte, espalhamento e compactação, pode-se afirmar que ao cabo da execução de uma camada asfáltica a penetração do ligante residual passa a ser da ordem dos 30-45 (0,1mm) e que um ligante CAP 30-45 passa a apresentar uma penetração da ordem dos 20-25 (0,1mm), ou seja, extremamente rígido e quebradiço, impróprio para compor uma camada de revestimento de um pavimento flexível. Sob tais condições julga-se, no caso presente, que a utilização de um ligante asfáltico com polímero se torna exigência imperiosa.

4.2.9.3.Comparativo de Custos das Alternativas de Solução

As composições referenciais da GOINFRA utilizadas para cada uma das soluções de restauração, bem como os custos totais e por quilômetro para cada uma delas, serão dispostas nas tabelas a seguir.

ALTERNATIVA I										
ITEM	CÓDIGO	FONTE	DISCRIMINAÇÃO	UND	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO		BDI ADOTADO	%	PREÇO TOTAL
						SEM BDI	COM BDI			
1			SERVIÇOS DE PAVIMENTO							
1.1			SERVIÇOS DE PAVIMENTO							
1.1.1	40625M	GOINFRA	Reciclagem com Adição de 2% de Cimento e Incorporação do Revestimento Asfáltico à Base	m³	46.200,00	87,60	111,43	27,21%	5,93%	5.148.066,00
1.1.2	40380	GOINFRA	Imprimação com EAI	m²	264.000,00	0,39	0,49	27,21%	0,15%	129.360,00
1.1.3	40609	GOINFRA	Tratamento Superficial Duplo - TSD (BC)	m²	264.000,00	6,59	8,38	27,21%	2,55%	2.212.320,00
1.1.4	40602	GOINFRA	Concreto Asfáltico com Polímero - Faixa C	m³	10.560,00	408,21	519,28	27,21%	6,32%	5.483.596,80
1.1.5	40618	GOINFRA	Concreto Asfáltico com Polímero - Faixa B	m³	25.020,00	407,63	518,54	27,21%	14,95%	12.973.870,80
1.1.6	40385	GOINFRA	Pintura de Ligação	m²	740.000,00	0,33	0,41	27,21%	0,35%	303.400,00
1.1.7	40449	GOINFRA	TRANSPORTE LOCAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm	18.498,48	1,24	1,57	27,21%	0,03%	29.042,61
1.1.8	40450	GOINFRA	TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm	149.003,56	0,65	0,82	27,21%	0,14%	122.182,92
1.1.9	40455	GOINFRA	TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m³km	5.179.962,56	1,17	1,48	27,21%	8,83%	7.666.344,58
1.1.10	40440	GOINFRA	TRANSPORTE LOCAL DE MASSA ASFÁLTICA	tkm	835.333,92	1,30	1,65	27,21%	1,59%	1.378.300,97

Figura 290– Composições e quantidades – Alternativa I.

ALTERNATIVA II										
ITEM	CÓDIGO	FONTE	DISCRIMINAÇÃO	UND	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO		BDI ADOTADO	%	PREÇO TOTAL
						SEM BDI	COM BDI			
1			SERVIÇOS DE PAVIMENTO							
1.1			SERVIÇOS DE PAVIMENTO							
1.1.1	40470	GOINFRA	Fresagem Contínua do revestimento Asfáltico	m³	13.200,00	103,74	131,96	27,21%	2,11%	1.741.872,00
1.1.2	40466	GOINFRA	Fresagem Descontínua para Reparo Profundo - Material Granular	m³	778,80	150,57	191,54	27,21%	0,18%	149.171,35
1.1.3	40607	GOINFRA	Estabilização Brita Graduada - Usina	m³	778,80	166,25	211,48	27,21%	0,20%	164.700,62
1.1.4	40380	GOINFRA	Imprimação com Asfalto diluído	m²	264.000,00	0,39	0,49	27,21%	0,16%	129.360,00
1.1.5	40602	GOINFRA	Concreto Asfáltico com Polímero - Faixa C	m³	14.124,00	408,21	519,28	27,21%	8,88%	7.334.310,72
1.1.6	40618	GOINFRA	Concreto Asfáltico com Polímero - Faixa B	m³	22.874,00	407,63	518,54	27,21%	14,37%	11.861.083,96
1.1.7	40385	GOINFRA	Pintura de Ligação	m²	713.200,00	0,33	0,41	27,21%	0,35%	292.412,00
1.1.8	40130M	GOINFRA	Espalhamento de Material Fresado	m²	4.608,41	0,38	0,48	27,21%	0,00%	2.212,04
1.1.9	40450	GOINFRA	TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm	111.508,49	0,65	0,82	27,21%	0,11%	91.436,96
1.1.10	40445	GOINFRA	TRANSPORTE LOCAL DE AGREGADOS	m³km	11.322,76	1,73	2,20	27,21%	0,03%	24.910,07
1.1.11	40455	GOINFRA	TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m³km	4.912.885,33	1,17	1,48	27,21%	8,81%	7.271.070,29
1.1.12	40430	GOINFRA	TRANSPORTE DE PAVIMENTO REMOVIDO	m³km	442.118,60	2,71	3,44	27,21%	1,84%	1.520.887,98
1.1.13	40440	GOINFRA	TRANSPORTE LOCAL DE MASSA ASFÁLTICA	tkm	852.441,55	1,30	1,65	27,21%	1,70%	1.406.528,56

Figura 291– Composições e quantidades – Alternativa II.

DEMONSTRATIVOS DE CUSTOS DE SERVIÇOS			
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	R$	R$/km
ORÇAMENTO			
1	ALTERNATIVA I	R$ 86.788.784,11	R$ 1.968.892,56
2	ALTERNATIVA II	R$ 82.569.223,00	R$ 1.873.167,49

Figura 292 – Demonstrativos de custos de serviços – Restauração.

Foi submetido à GOINFRA como uma entrega preliminar à Etapa 3 um documento intitulado Proposta de Alternativas, aos modelos do órgão contratante, em que foram expostas as duas alternativas – também explanadas no presente arrazoado – e indicada aquela que a consultora

julgou como mais eficiente tecnicamente, atentando-se aos dizeres da IP-12 sobre a indicação de alternativa específica em relação às eventuais diferenças de custo. Conforme passagem da Proposta de Alternativas em questão, tem-se:

"Diante das soluções apresentadas, acreditamos que a Alternativa de Solução II é a mais indicada para o trecho, uma vez que se trata da alternativa mais economicamente viável, além do fato da referida alternativa se fundamentar no atendimento simultâneo à maior espessura asfáltica preconizadas dentre as meodologias DNER 667/22 e Empírico-mecanística (Paragon), o que confere ao pavimento uma estrutura mais robusta e durável."

Da análise da Proposta de Alternativas Supracitada, o órgão optou pela utilização da **Alternativa I** como solução técnica para o projeto em questão. A referida alternativa será desenvolvida como solução técnica a partir desse ponto.

4.2.10. DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO CONSIDERANDO A RECICLAGEM DA CAMADA DE BASE

4.2.10.2. Considerações Gerais

Conforme descrito anteriormente, a definição da espessura do revestimento asfáltico a ser executado após o procedimento fresagem e recomposição do revestimento deverá se fundamentar em um cotejamento entre a espessura definida pela aplicação da normativa vigente DNER 667/22 (***Método de Projeto de Pavimentos Rodoviários – DNIT***), e a espessura determinada pela avaliação empírico-mecanística (***Fundamentos da Mecânica dos Pavimentos***) do pavimento.

Para aplicação da metodologia fundamentada no ***Critério da Resistência***, tendo-se selecionado para o efeito o ***Método de Projeto de Pavimentos Rodoviários – DNIT***, desenvolvido pelo saudoso *Dr. Murillo Lopes de Souza*, teve-se em conta os valores das *capacidades de suporte do reforço do solo de fundação e das camadas do pavimento existentes*, todos expressos em termos dos valores CBR; os valores obtidos foram determinados após a realização de ensaios com as amostras colhidas "in situ", retrabalhadas em laboratório.

Seguidamente, com o objetivo de se aferir os resultados obtidos utilizando o ***Critério Mecanístico,*** selecionou-se o método Paragon (anteriormente descrito), procedimento que permitiu a definição das espessuras demandadas contemplando *as resistências à fadiga da nova camada asfáltica e à deformação permanente do solo de fundação*, as quais foram determinadas tendo em conta o cotejamento entre os esforços atuantes e os esforços resistentes máximos admissíveis, definidos pelas leis previsionais das resistências retrocitadas; para a aplicação desta metodologia considerou-se a estrutura física remanescente traduzida pelas espessuras e pelos valores modulares das camadas de revestimento, de base, reforço do subleito e dos solos de fundação anteriormente definidos (retroanálises).

4.2.10.3. Dimensionamento pelo Critério Resistência (Método DNIT)

Considerando que a alternativa em voga contempla a execução de um novo revestimento asfáltico, julgou-se apropriado e pertinente avaliar e dimensionar a solução prevista pela aplicação de um método alicerçado no ***Critério da Resistência***, tendo-se selecionado para o efeito o Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis do DNIT desenvolvido pelo ***Dr. Murillo Lopes de Souza.*** Além de verificar se as camadas existentes atendem ao necessário de acordo com a metodologia aludida. Desse modo, o presente dimensionamento foi desenvolvido visando o aproveitamento das camadas granulares constitutivas do pavimento existente. Complementarmente, cumpre lembrar que as concepções e os dimensionamentos efetuados contemplaram as cargas a serem impingidas pelos veículos comerciais pesados ao longo de uma duração de vida de 10 anos.
Assim considerando, para elaboração dos projetos de reconstruções parciais e totais, foram promovidos primeiramente Estudos Geotécnicos visando a determinação das características físicas, mecânicas e de resistência dos materiais componentes dos solos de fundação e das camadas constitutivas dos pavimentos existentes; para o efeito, foram contempladas:

- a prospecção das camadas constitutivas dos pavimentos existentes e dos respectivos solos de fundação e reforço do subleito, a coleta de amostras para definição das características

granulométricas, de plasticidade, de expansão e de capacidade de suporte (definição do ISC de projeto);

Ademais, os projetos foram desenvolvidos com base na estimativa da quantidade e magnitude das solicitações a serem impostas ao pavimento durante sua futura prestação de serviços ("vida de projeto"), parâmetros que foram avaliados a partir do cálculo do Número "N" – número de solicitações do eixo simples padrão de rodas duplas de 8,2 t – determinado com base nos fatores de equivalência do USACE.

a) Determinação do Número "N"

A partir das informações e orientações fornecidas, considerou-se o número de aplicações do eixo-padrão expressado pelo Número N, levando em conta os fatores de equivalência de carga **FEC/USACE** para um período acumulado desde o ano de abertura, 2025, durante um período de vida de 10 anos.

Nesse sentido, apresenta-se a seguir um resumo do cálculo do número N, resultado esse utilizado para o dimensionamento do pavimento:

PROJEÇÃO DO "VMDA" E DO NÚMERO "N"

RODOVIA: GO-330 **POSTO:** P06

Ano	Volume Médio Anual de Tráfego (VMDA)					Valores do Número "N"				Observações
	Veículos-tipo				Total	USACE		AASHTO		
	Moto	Passeio	Coletivo	Carga		Ano a Ano	Acumulado	Ano a Ano	Acumulado	
2023	43	1.539	28	718	2.328	1,18E+06	***	3,40E+05	***	Pesquisa
2024	44	1.585	29	740	2.398	1,22E+06	***	3,50E+05	***	
2025	46	1.633	30	762	2.470	1,25E+06	1,25E+06	3,61E+05	3,61E+05	1º ano
2026	47	1.682	31	785	2.544	1,29E+06	2,54E+06	3,72E+05	7,33E+05	
2027	48	1.732	32	808	2.620	1,33E+06	3,87E+06	3,83E+05	1,12E+06	
2028	50	1.784	32	832	2.699	1,37E+06	5,24E+06	3,94E+05	1,51E+06	
2029	51	1.838	33	857	2.780	1,41E+06	6,65E+06	4,06E+05	1,92E+06	5º ano
2030	53	1.893	34	883	2.863	1,45E+06	8,11E+06	4,18E+05	2,33E+06	
2031	54	1.950	35	910	2.949	1,50E+06	9,60E+06	4,31E+05	2,77E+06	
2032	56	2.008	37	937	3.038	1,54E+06	1,11E+07	4,44E+05	3,21E+06	
2033	58	2.068	38	965	3.129	1,59E+06	1,27E+07	4,57E+05	3,67E+06	
2034	60	2.130	39	994	3.222	1,64E+06	**1,44E+07**	4,71E+05	**4,14E+06**	10º ano

Composição Percentual do Tráfego (%)				Parâmetros Adotados no Cálculo do Número de Operações do Eixo-padrão de 8,2 t - Número "N"			
Moto	Passeio	Coletivo	Carga	Fatores de Veículo - FV		Fator Climático	Fator de Pista
1,85	66,11	1,20	30,84	FV_{USACE}	FV_{AASHTO}	FR	FP
Taxas de Crescimento do Tráfego (%)				8,676	2,499	1,000	0,500
Moto	Passeio	Coletivo	Carga	Ano Inicial para o Cálculo do Número "N"			2025
3,00	3,00	3,00	3,00	Período de Projeto para o Cálculo do Número "N"			10 anos

Figura 293 - Número N utilizado na metodologia DNER 667/22

$$N_{USACE} = 1{,}44 \times 10^7$$

b) Determinação da espessura mínima do revestimento

Para o valor de número "N" representativo do tráfego na rodovia GO-330, o Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis do DNER para o pavimento da pista principal recomenda como revestimento uma camada betuminosa com no mínimo **10,0 cm** de espessura:

Tabela 20– Espessura mínima de revestimento asfáltico

NÚMERO "N"	ESPESSURA MÍNIMA DE REVESTIMENTO ASFÁLTICO
$10^7 < N < 5x10^7$	Revestimento asfáltico com 10 cm de espessura

c) Determinação do valor do ISC de projeto (IS_{PROJ})

Os valores de IS_{PROJ} foram definidos através de análises e estudos estatísticos dos resultados obtidos em ensaios de laboratório processados com amostras representativas do solo de fundação do trecho em questão. A coleta das amostras, os ensaios e as análises foram realizados tal como exposto nos *Estudos Geotécnicos*.

Os resultados obtidos foram tratados estatisticamente e o resumo obtido é indicado no quadro apresentado a seguir; os valores de ISC e expansão foram definidos nas condições ótimas de compactação da energia correspondente ao Proctor Normal.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

DENOMINAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA OBRA

RODOVIA:	GO- 330/ 020
TRECHO:	RONCADOR/ IPAMERI
EXTENSÃO:	40,00 km

PROCEDÊNCIA DO MATERIAL	**ELABORAÇÃO:**
CAMADA DO PAVIMENTO - SUBLEITO	..strata ENGENHARIA

PARÂMETRO	LIMITES		GRANULOMETRIA							COMPACTAÇÃO		12	GOLPES	IG
ESTATÍSTICO	LL	IP	2"	1"	3/8"	# 4	# 10	# 40	# 200	Hót	D max.	Exp.	CBR	
N	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	
$\bar{X}$	25	9	99	98	94	88	82	73	41	13,2	1,755	0,20	13,83	
σ	12,70	4,69	4,07	5,62	8,71	14,26	17,17	18,22	11,09	2,91	0,12	0,15	5,73	
µmín	22	7	98	96	92	84	77	68	37	12,4	1,720	0,16	12	2
µmáx	29	10	100	100	96	92	87	79	44	14,0	1,789	0,24	15	
Xmín	13	4	95	93	86	75	66	56	30	10,4	1,638	0,06	8	
Xmáx	37	13	100	100	100	100	99	91	51	16,0	1,871	0,34	19	

Figura 294 - Análise estatística do estudo do subleito – Pista Simples (Proctor normal: 12 golpes).

Os resultados obtidos evidenciaram fundamentalmente que os solos de fundação externaram valores de CBR médios (Proctor Normal) da ordem dos 13% ao longo do trecho. O desvio padrão é consideravelmente elevado, atingindo 5,73%. Destarte, julgou-se prudente trabalhar com os valores estatísticos que levam em consideração as variações amostrais, tendo-se optado pelo valor do Xmín obtido, valor que garante o atendimento estrutural ao longo de toda a rodovia.

- **Proctor Normal: ISC (mínimo) – Pista Simples = 8%**

Na sequência, determinou-se o *índice de suporte a ser adotado no dimensionamento da estrutura do pavimento* (**IS_{PROJ}**), o qual foi processado tendo em conta o emprego do valor de ISC mínimo, supracitado, devidamente policiado pelo Índice de Suporte – IS definido em função do Índice de Grupo. Na definição do Índice de Grupo, o valor de Índice de Grupo IG obtido foi igual a 2 (IG=2), ao qual corresponde ao valor do IS_{IG} = 15%, para Pista Simples, conforme definido na tabela apresentada a seguir:

Tabela 21– Valores de IS_{IG} em função do IG

Valores de IS_{IG} em Função do IG				
ENERGIA DE COMPACTAÇÃO	**Índice de grupo IG**			**Índice de suporte IS_{IG}**
	0			**20**
	1			**18**
Proctor Normal	**2**			**15**
	3			**13**
	4			**12**
	5			**10**
	6			**9**
	7			**8**
	8			**7**
	9	**A**	**10**	**6**
	11	**A**	**12**	**5**
	13	**A**	**14**	**4**
	15	**A**	**17**	**3**
	18	**A**	**20**	**2**

Assim procedendo e tendo em conta que:

$$IS_{PROJ} = (IS_{IG} + ISC_{CBR}) / 2$$

Obteve-se:

- Proctor Normal: IS_{PROJ} (Pista Simples) = (15 + 8) / 2 = 11,5%

Tendo em vista que o cálculo do IS_{PROJ} resultou em valor maior do que o ISC mínimo apresentado pelo subleito, optou-se por escolher o último como o valor de projeto. Portanto:

$$\mathbf{IS_{PROJ}\ (Pista\ Simples) = 8{,}0\%}$$

d) Camadas Granulares Existentes e Propostas

✓ Base granular proposta

A camada de base granular existente, é composta por um cascalho com características lateríticas, em praticamente toda a extensão do trecho, exceto em alguns pontos em que foi constatado um solo com composição quartzosa. A referida estrutura até então existente é disposta a seguir, em um linear de espessuras.

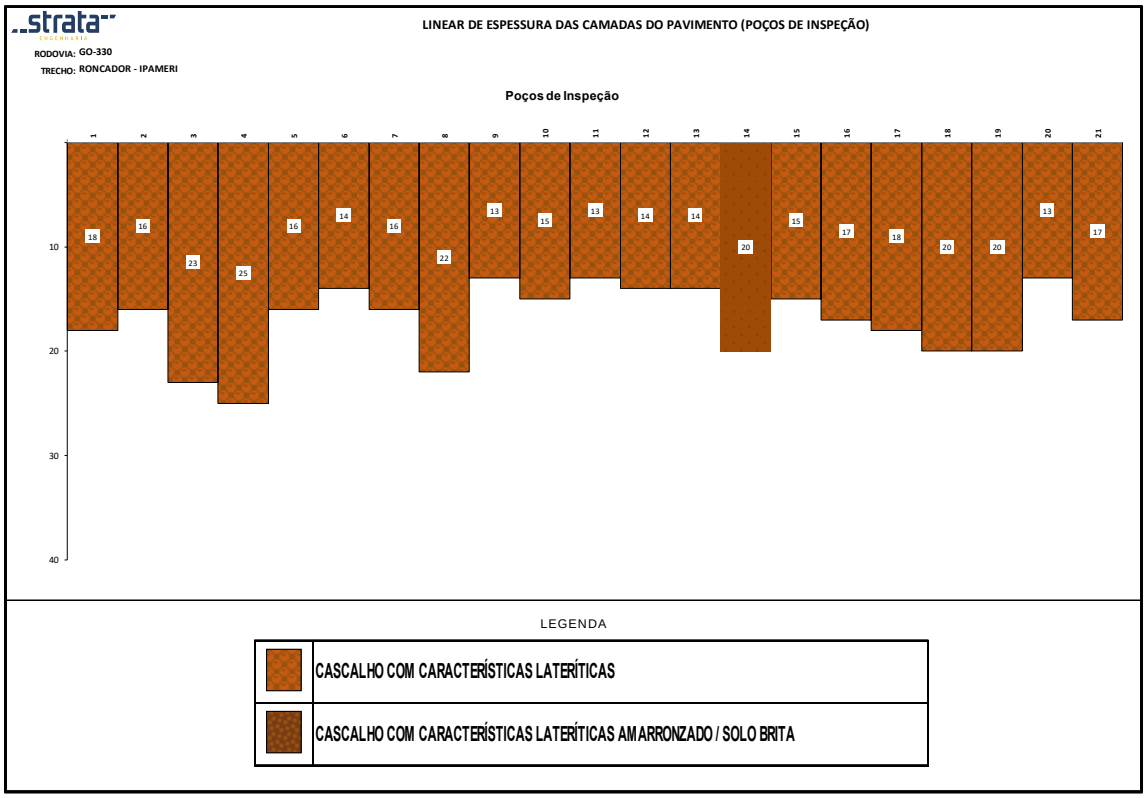


Figura 127 – Linear de Espessuras da Camada de Base Existente – Pista Simples.

Após cuidadosa avaliação, a consultora julga como apropriada a consideração de uma espessura média representativa de base granular da ordem de ***17,5cm*** para fins de dimensionamento a avaliação do pavimento existente pela metodologia DNER 667/22, frente à solução de reciclagem (que constitui uma camada granular estabilizada com 17,5cm de espessura).

✓ Sub-base existente

Paralelamente, considerando-se as variações de espessuras detectadas na camada de sub-base prospectadas, é necessário definir uma espessura representativa para a referida camada no processo de dimensionamento normatizado (Dr. Engº Murillo Lopes de Souza). Dispõe-se a seguir, para este fim, o linear de espessuras da camada de sub-base existente.

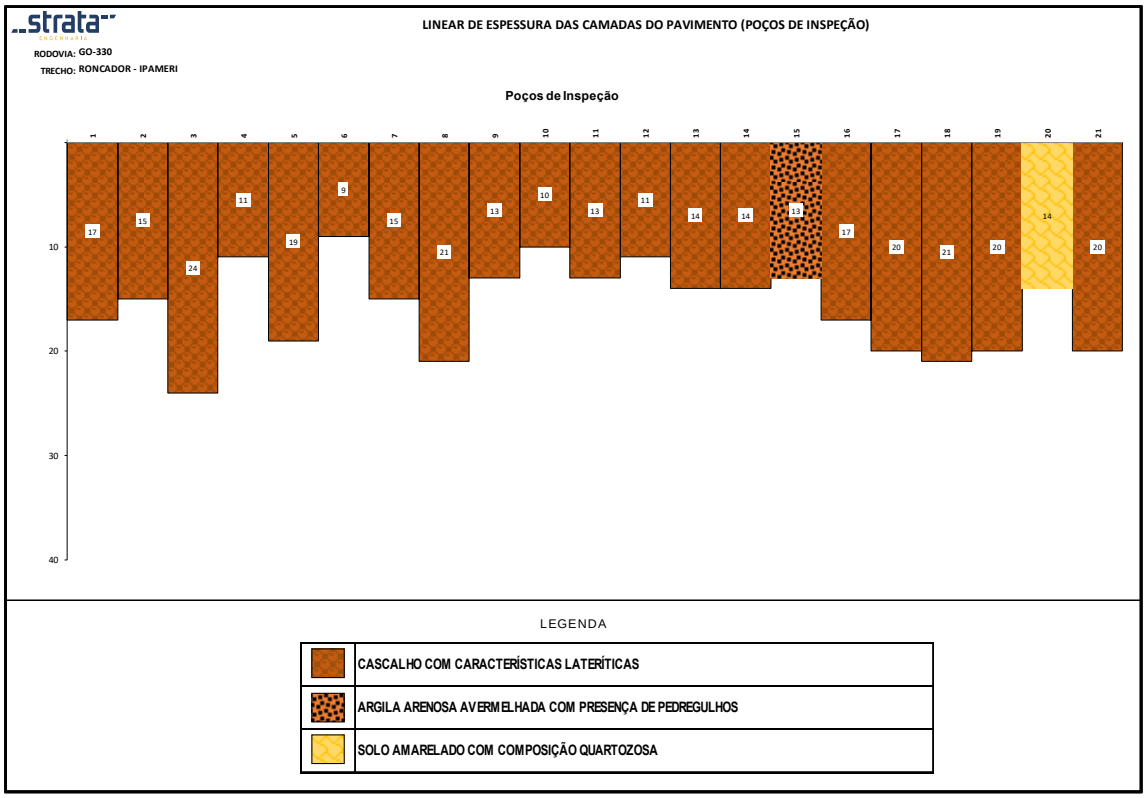


Figura 129 - Linear de espessuras da camada de sub-base existente – Pista Simples.

Procurou-se determinar, também, um valor representativo das espessuras existentes de sub-base granular. Julgou-se que a consideração de uma camada de sub-base com espessura mínima igual a ***15,8cm*** representaria, com fidelidade, a realidade do trecho.

e) Dimensionamento do Pavimento – Procedimentos de Cálculo

Para efeito de cálculo, o número N considerado será o referente ao obtido pelo posto de contagem, cujo valor é descrito a seguir:

$$\mathbf{N_{\ (\ USACE\ adotado)} = 1{,}44 \times 10^{7}}$$

o qual, em conjunto com a resistência do subleito (CBR), permite calcular a espessura total do pavimento (H_t) em termos de material granular (com coeficiente estrutural K=1,0) através da equação:

$$H_t = 77{,}67 \times N^{\,0{,}0482} \times CBR^{\,-0{,}598}$$

ou seja:

$$H_t = 77{,}67 \times (1{,}44 \times 10^{7})^{\,0{,}0482} \times (8)^{\,-0{,}598}$$

$$\boxed{\mathbf{H_t\ (Pista\ Simples) = 49{,}57\ cm}}$$

Seguidamente, promoveu-se o cálculo do H_{20} (sub-base), condição esta que estabelece, como fator de segurança, a consideração de um valor de CBR para a camada de sub-base sempre igual a 20%. Sobre esse particular cabe ressaltar que embora não se admitindo o emprego de materiais com valores CBR < 20% para composição desta camada de sub-base, caso o material selecionado externe capacidade de suporte traduzida por CBR > 20%, deve-se, mesmo assim, adotar o valor 20%; na prática, esta proposição se manifesta como um coeficiente de segurança. Assim, considerando número ***N = 1,44 x 10^7*** e um material com ***CBR = 20%***, verifica-se que a

espessura de material granular padrão necessária à proteção da sub-base é igual substancialmente a:

H_{20} (Pista Simples) = 28,66 cm

Complementarmente Dr. Murillo recomenda que para números $N > 10^7$ deve-se multiplicar H_{20} por 1,2. Assim considerando, tem-se:

H_{20} (Pista Simples) = 34,39 cm

Espessura de Base Preconizada: B >= 14,39 cm

Espessura Média de Base Proposta: B = 17,5 cm

Em relação aos coeficientes de equivalência estrutural foram adotados os valores a seguir:

Tabela 22– Coeficientes estruturais

MATERIAL DE CONSTITUIÇÃO	COEFICIENTE ESTRUTURAL
Revestimento (K_R)	2,0
Base granular (K_B)	1,0
Sub-base granular (K_S)	1,0

Finalmente, foi processado o dimensionamento das espessuras necessárias à composição do sistema estratificado; para o efeito, levou-se em conta as inequações desenvolvidas pelo Engenheiro Murillo Lopes de Souza, a seguir descritas:

$$R \times K_R + B \times K_B \geq H_{20}$$

$$R \times K_R + B \times K_B + SB \times K_{SB} \geq H_n$$

$$10,0 \times 2,0 + B \times 1,0 + SB \times 1,0 \geq 49,57$$

$$10,0 \times 2,0 + 17 \times 1,0 + SB \times 1,0 \geq 49,57$$

Espessura de Sub-base Preconizada: SB > 12,57 cm

Espessura de Sub-base Existente: SB = 15,8 cm

Uma vez que as espessuras médias de base e sub-base proposta e existente são, respectivamente, de 17,5cm e 15,0cm, respectivamente, considera-se que tanto as espessuras de **base** quanto as espessuras de **sub-base** são adequadas **ao necessário pela metodologia DNER 667/22**.

Dimensionamento do Pavimento pelo Método do DNER

(Eng.º Murillo Lopes de Souza)

Rodovia GO-330 (2B)

Trecho: ENTR GO-352- IP / ENTR GO-020

Extensão: 40,00 km

Características do subleito

$ISC_{PROJETO}$: 8

Características do reforço

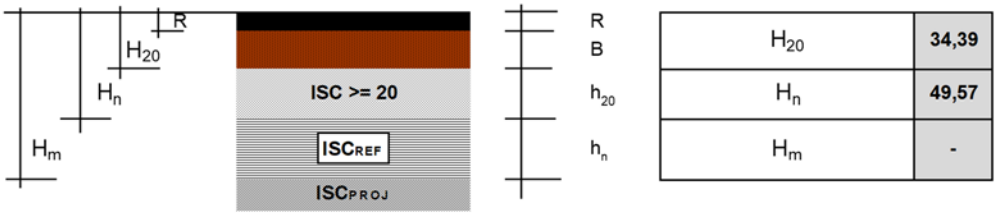
ISC_{REF}:

Características dos materiais empregados no pavimento

Coeficiente de Equivalência Estrutural			ISC (%)	
Base	K_B =	1,00	80	⇦ ISC > 80 para Tráfego > 5x10^6
Sub-Base	K_S =	1,00	20	
Reforço	K_{ref} =	2,00	-	

Revestimento	K_R =	Espessura		
	2,0	10,00	cm	CBUQ

ESPESSURAS EQUIVALENTES



H_{20}	34,39
H_n	49,57
H_m	-

Parâmetros atuantes no pavimento

Número terminal de solicitações do eixo-padrão (USACE)	1,44E+07
Pressão de contato pneu-pavimento	81,52

Cálculo das espessuras

Base $R*K_R + B*K_B \geq H_{20}$

	B ≥	14,39	cm
adotado	B =	17,50	cm

Sub-Base $R*K_R + B*K_B + h_{20}*K_S \geq H_n$

	h_{20} ≥	12,07	cm
adotado	h_{20} =	15,80	cm

RESUMO DAS ESPESSURAS ADOTADAS

Camada	Esp. (cm)
Revestimento	10,0
Base	17,5
Sub-Base	15,8
Reforço	0,0
Total	**43,3**

Observação:

Figura 295 - Dimensionamento do Pavimento pelo Método do DNER.

RESUMO DA ESPESSURA DE REFORÇO - MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DNER 667/22

RODOVIA: GO-330 **PISTA/LADO:** SIMPLES - DIREITO/ESQUERDO

TRECHO: ENTR GO-352- IPAMERI / ENTR GO-020 **EXTENSÃO TRECHO:** 40,00

SEGMENTO HOMOGÊNEO						ESPESSURA TOTAL DE REVESTIMENTO (cm)
Nº	ESTACA		km		EXTENSÃO (m)	
	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL		
1	0	2.000	0,00	40,00	40.000	10,0

Figura 296 - Resumo das espessuras de revestimento determinadas pelo critério da resistência.

4.2.10.4. Dimensionamento pelo Critério Mecanístico (Método PARAGON)

Para a aplicação do método mecanístico considerou-se a disposição do sistema estratificado existentes, cujos módulos das camadas granulares e solo de fundação foram obtidos a partir da retroanálise. Quanto ao revestimento existente, considerou-se a remoção do mesmo de todas as iterações mecanísticas. O módulo do novo revestimento a ser dimensionado foi determinado de forma idêntica ao que foi realizado considerando uma camada de reforço, exposto no 4.2.8.4.4. Ou seja, considerou-se um revestimento asfáltico composto de ligante modificado com polímero, com módulo de 40.900 kgf/cm².
Promoveram-se, então, os cálculos dos principais esforços solicitantes da estrutura estratificada:

- ✓ os esforços de tração horizontal máximos ocorrentes na fibra mais tracionada da ***camada de revestimento proposta*** – fibra inferior – os quais foram cotejados com o esforço resistente máximo admissível, intrínseco à mistura asfáltica selecionada (verificação da resistência à fadiga) e;

- ✓ os esforços verticais de compressão máximos atuantes no topo do ***solo de fundação***, os quais foram devidamente cotejados com o esforço máximo de compressão admissível (verificação da resistência à deformação permanente).

Cabe ressaltar que a lei preditiva para cálculo da resistência à fadiga para a camada de reforço – ou, no presente caso, para a camada de revestimento a se sobrepor à base granular existente – é definida pelo modelo do *The Asphalt Institute*; e para a lei de resistência a deformação permanente utilizou-se o modelo definido pela *Shell Koninklijke Laboratorium Amsterdam - SKLA,* conforme já exposto anteriormente.
Diante do exposto, os resultados obtidos são apresentados a seguir em representações gráficas.

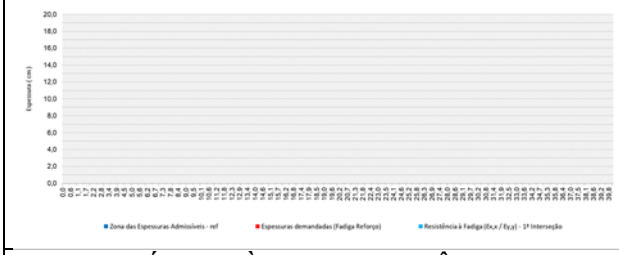
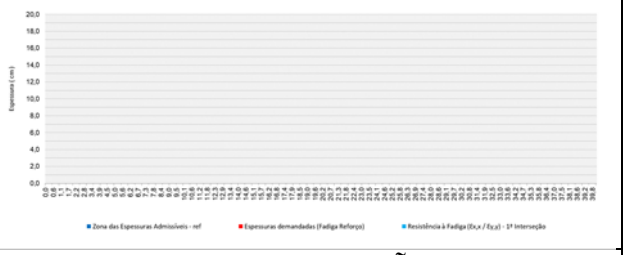
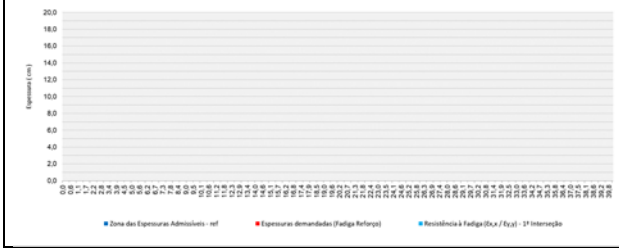
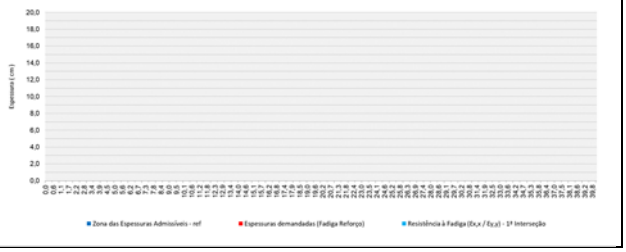
DIMENSIONAMENTO DE RESISTÊNCIA À FADIGA DA NOVA CAMADA DE REVESTIMENTO ASFÁLTICO GO-330 – PISTA SIMPLES	
LADO ESQUERDO	LADO DIREITO
ANÁLISE SOB O CENTRO DE APLICAÇÃO DE CARGA	
	
ANÁLISE À MEIA DISTÂNCIA ENTRE OS CENTROS DE APLICAÇÃO DE CARGA	
	

Figura 297 – Verificação da Resistência à Fadiga da Nova Camada de Revestimento – GO-330.

Da análise dos resultados obtidos quanto a verificação da resistência à fadiga na face inferior da nova camada de revestimento asfáltico pôde-se constatar fundamentalmente que:

a) Constata-se a ausência de demandas estruturais tocante à proteção do reforço proposto quanto às cargas atuantes, em função da estrutura do pavimento que, embora já bem graduada, será ainda mais aprimorada. As demandas estruturais determinantes para a definição das espessuras asfálticas necessárias serão, no presente caso, oriundas da análise das deformações e tensões atuantes no topo do solo de fundação, em torno de sua proteção quanto às cargas de tráfego.

❖ Verificação da Resistência à Deformação Permanente no Topo no Subleito

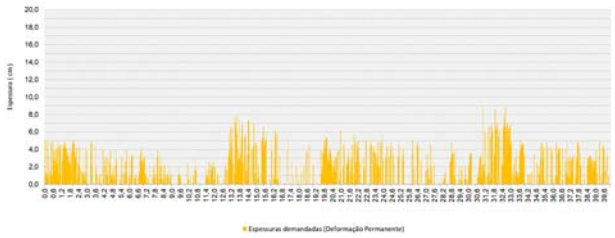
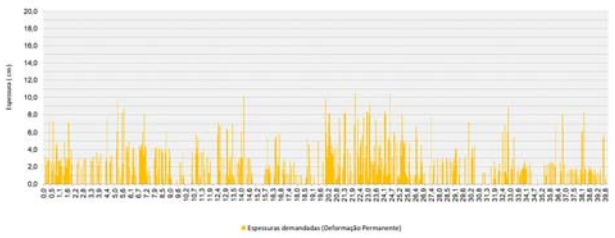
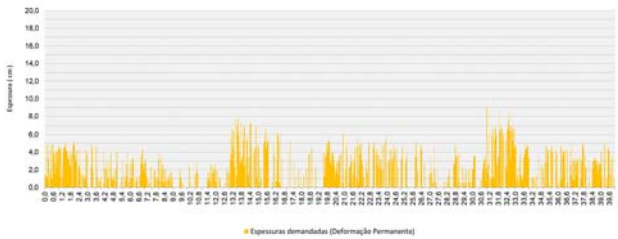
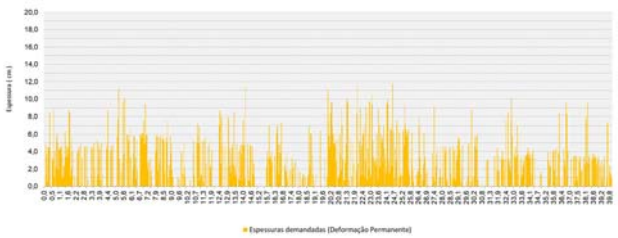
DIMENSIONAMENTO DE RESISTÊNCIA À DEFORMAÇÃO PERMANENTE NO TOPO DO SUBLEITO GO-330 – PISTA SIMPLES	
LADO ESQUERDO	LADO DIREITO
ANÁLISE SOB O CENTRO DE APLICAÇÃO DE CARGA	
	
ANÁLISE À MEIA DISTÂNCIA ENTRE OS CENTROS DE APLICAÇÃO DE CARGA	
	

Figura 298 – Verificação da Deformação Permanente no topo do solo de fundação - GO-330.

Da análise dos resultados obtidos quanto a verificação da resistência à deformação permanente no topo do subleito pôde-se constatar fundamentalmente que:

b) O solo de fundação demonstrou uma significativa deficiência estrutural, com espessuras variando entre 0,5 cm e 8,5 cm em ambas as faixas de rolamento. No entanto, o lado direito da rodovia apresenta uma carência estrutural ainda mais acentuada.

c) Verificou-se que os esforços de compressão vertical desenvolvidos no topo do solo de fundação quando calculados à meia distância entre os centros de aplicação de duas cargas são mais acentuados que aqueles verificados sob o centro de aplicação da carga, condição essa atestada pela maior intensidade de ocorrências e pela demanda de espessuras máximas mais robustas;

- ❖ Cotejamento entre as Espessuras requeridas para as Resistências à Fadiga das Camadas Asfálticas e à Deformação Permanente do Solo de Fundação

Finalmente, é possível promover a "decoupage" dos agrupamentos populacionais das espessuras de reforço requeridas em tramos homogêneos, para o quais se aplicou a regra do octogésimo percentil, conforme apresentado a seguir.

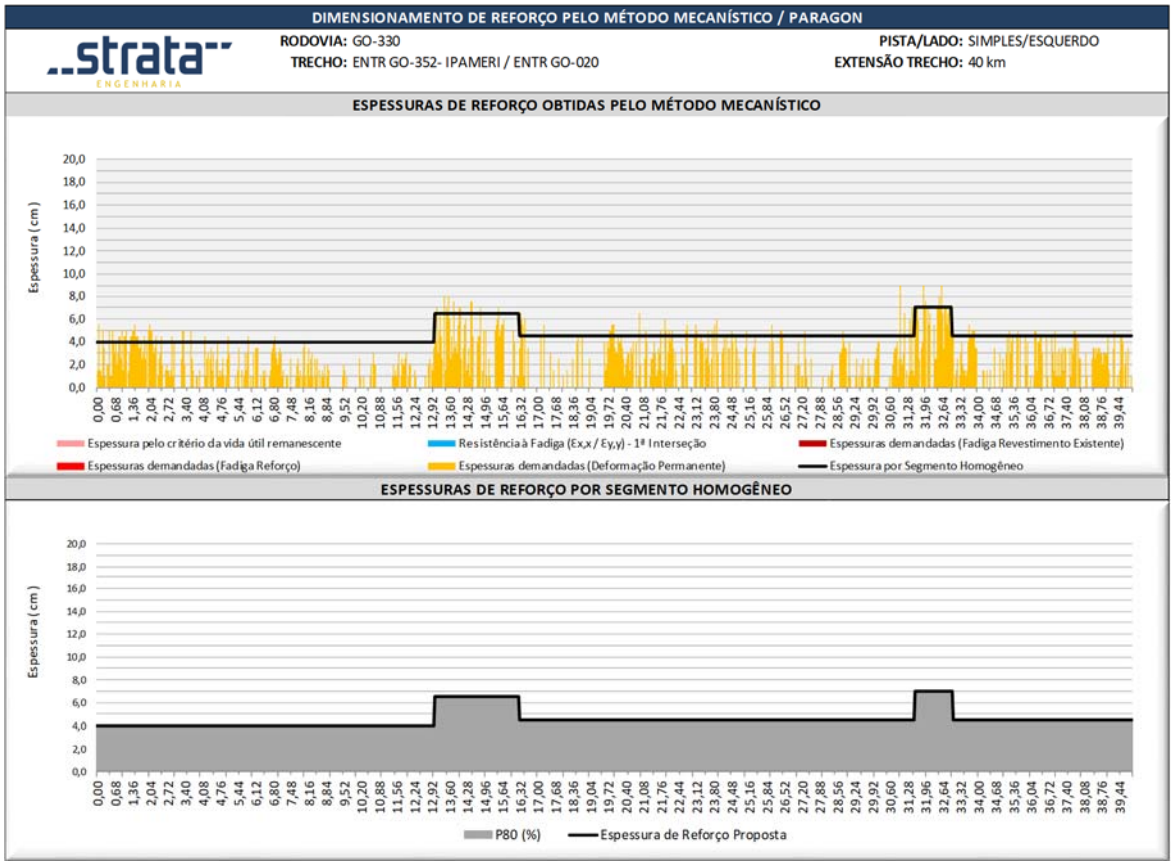


Figura 299 – Espessuras de Reforço Obtidas pelo Método Mecanístico / Paragon
Pista Simples / Lado Esquerdo – Mantendo o Revestimento Existente – km 0,0 ao km 40,00.

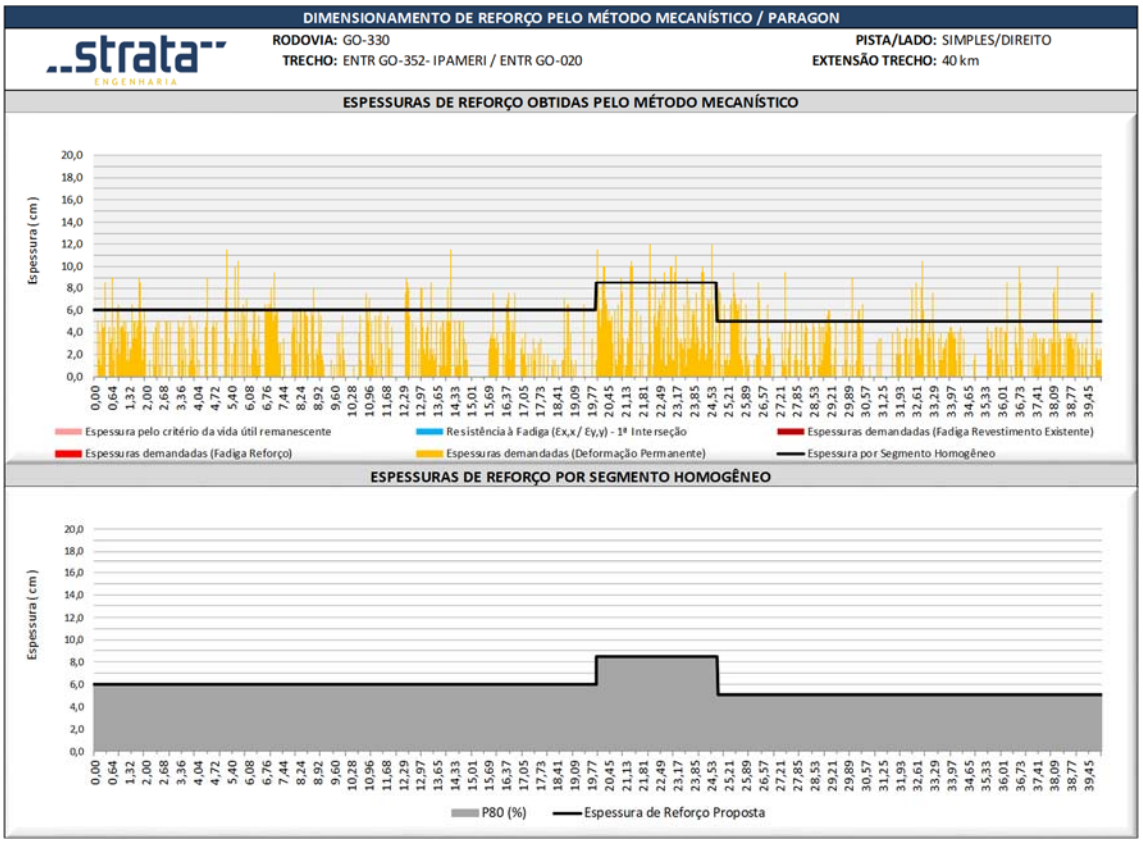


Figura 300 – Espessuras de Reforço Obtidas pelo Método Mecanístico / Paragon

Pista Simples / Lado Direito – Mantendo o Revestimento Existente – km 0,0 ao km 40,00.

Na sequência das avaliações, como a metodologia Paragon trabalha com as faixas de tráfego individualizadas, pela série de motivos já externados anteriormente, faz-se necessário confrontar as espessuras preconizadas para o pavimento das duas faixas de tráfego contíguas – obtidas em dimensionamentos individualizados – de forma a se promover as necessárias compatibilizações estruturais e altimétricas.

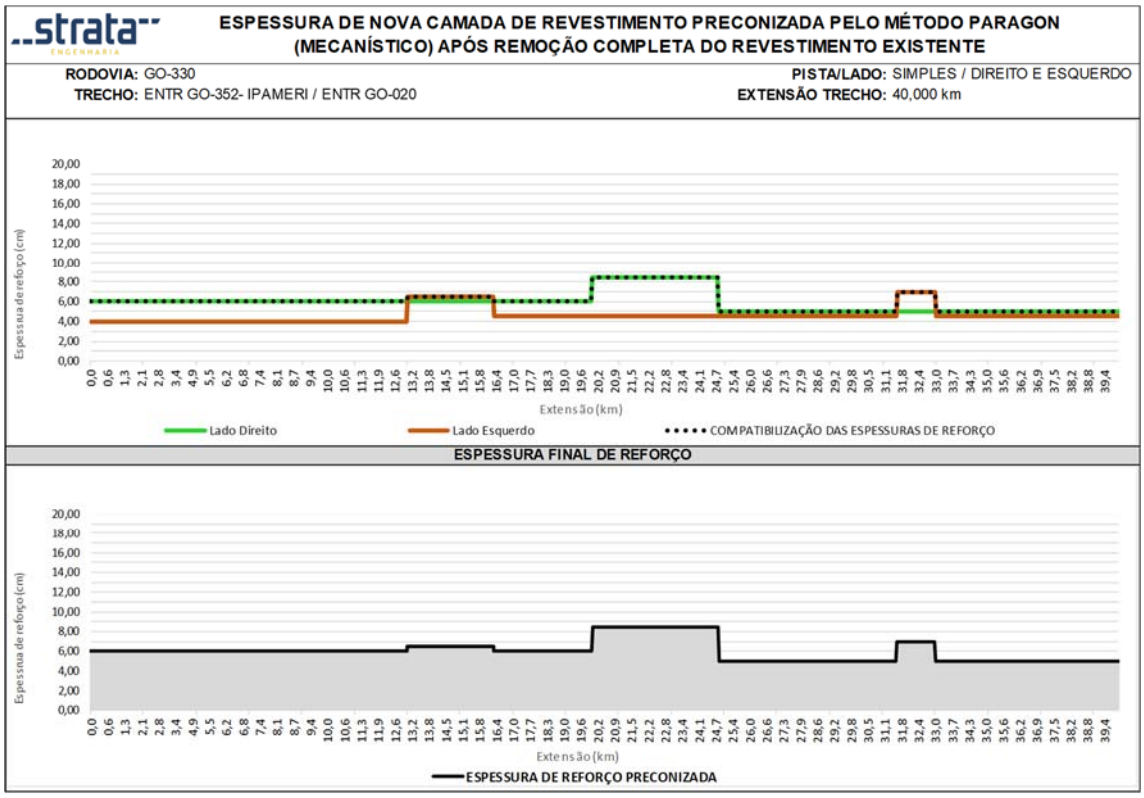


Figura 301 – Cotejamento das espessuras demandadas da nova camada de revestimento em ambos os lados – Lados Direito e Esquerdo (Pista Simples) – km 0,000 ao km 40,00 – Mantendo-se o revestimento existente.

MÉTODO MECANÍSTICO / PARAGON - ESPESSURA DE REFORÇO PROPOSTA

RODOVIA: GO-330
TRECHO: ENTR GO-352- IPAMERI / ENTR GO-020
PISTA/LADO: SIMPLES / DIREITO E ESQUERDO
EXTENSÃO TRECHO: 40,000 km

SEGMENTO HOMOGÊNEO						
Nº	ESTACA		km		EXTENSÃO (m)	ESPESSURA DE REFORÇO PROPOSTA (cm)
	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL		
1	0	650	0,00	13,00	13000	6,00
2	650	814	13,00	16,28	3280	6,50
3	814	1000	16,28	20,00	3720	6,00
4	1000	1240	20,00	24,80	4800	8,50
5	1240	1578	24,80	31,56	6760	5,00
6	1578	1650	31,56	33,00	1440	7,00
7	1650	2000	33,00	40,00	7000	5,00

Figura 302 – Espessuras de Reforço determinadas pelo Método Paragon (Pista Simples) – Km 0,000 ao km 40,00.

4.2.10.5. Definição das Espessuras Finais de Restauração do Pavimento

Conforme vem de se explanar, promoveu-se o dimensionamento do novo revestimento do pavimento do presente trecho, partindo da premissa básica da alternativa de solução de pavimentação contemplando a remoção do revestimento existente com base nas metodologias calcadas nos ***Critérios Mecanístico e da Resistência,*** cujos resultados obtidos externaram magnitudes, a grosso modo, em intervalos conforme descrito a seguir:

- Critério da Resistência: espessuras constantes de 10,0 cm;
- Critério Mecanístico: espessuras variáveis entre 5,0 cm e 8,5 cm.

As espessuras de reforço calculada pelas Normativas DNER PRO-011/79 e PRO-269/94 não serão avaliadas para a presente proposta de solução, uma vez que a remoção total do revestimento existente e reconfiguração da camada de base alteram a estrutura estratificada originalmente existente, na qual foram realizados os levantamentos deflectométricos.

A fim de escolher a espessura de revestimento a ser adotada considerando a remoção do revestimento existente, julgou-se adequado cotejar os resultados obtidos e selecionar uma espessura mínima que atendesse aos dois métodos de dimensionamentos conjuntamente. Essa proposição alicerçou-se na premissa de que o Critério da Resistência ser um método normativo, de grande valor e de eficácia comprovada quando se tem em conta, fundamentalmente, a resistência dos solos de fundação ao puncionamento. Paralelamente, embora se trate de um método empírico, que leva em consideração a qualidade das camadas granulares em termos da capacidade de suporte dos materiais constituintes, preconiza a adoção de espessuras mínimas de revestimento asfáltico em função do número N.

Numa outra vertente, as análises realizadas por meio do Método Mecanístico se alicerçam em critérios clássicos das Teorias da Elasticidade aplicadas à Mecânica dos Pavimentos, e vislumbram o pavimento como um sistema estratificado elástico submetido a esforços solicitantes (tensões e deformações) quando atuados por cargas exteriores. As condições de dimensionamento são estabelecidas a partir do cotejamento entre os esforços atuantes impostos pelas cargas do tráfego e os esforços resistentes intrínsecos a cada material constituinte; a premissa básica consiste em se garantir que os esforços atuantes não sobrepujem os esforços resistentes, a serem definidos em função do número de repetições de carga previsto a incidir na estrutura durante sua vida de projeto (vida útil).

Deste modo, no presente projeto, a fim de atender ambas as metodologias, constatou-se a necessidade de atender as seguintes espessuras de revestimento:

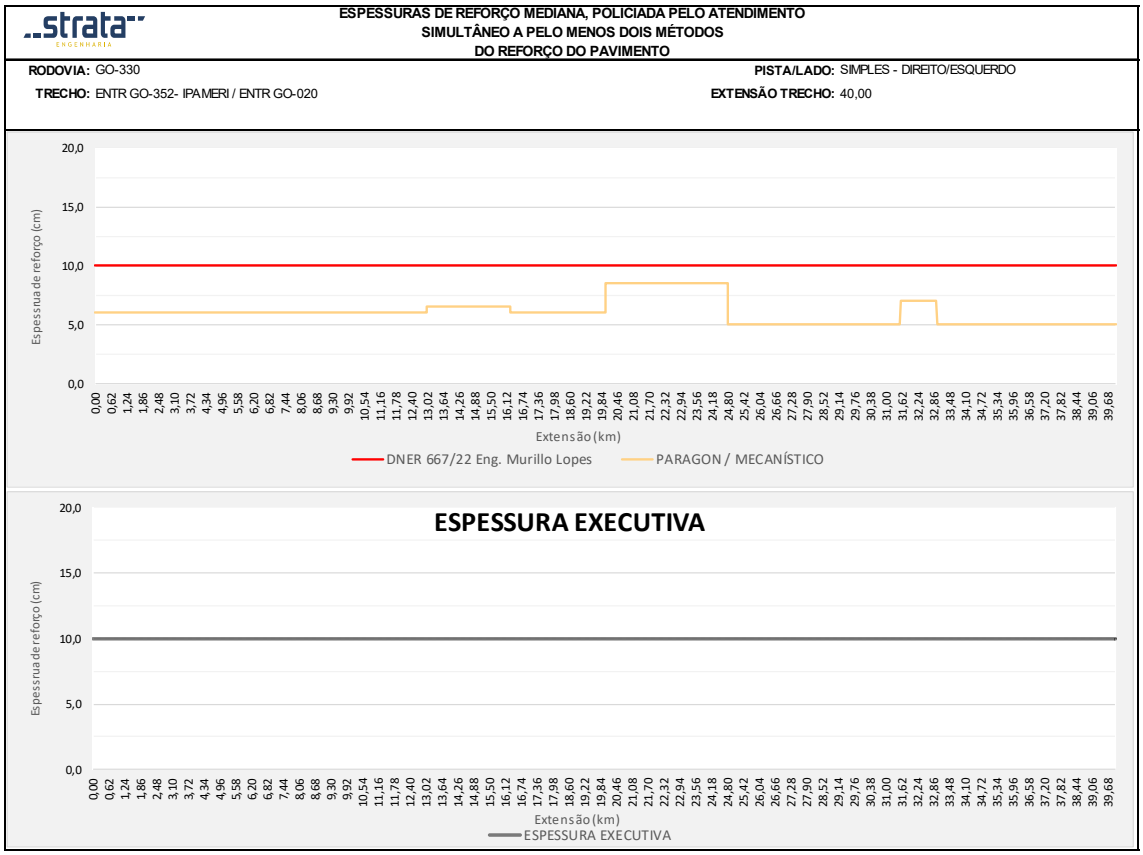


Figura 303 – Cotejamento entre as espessuras de revestimento policiada pelos critérios mecanístico e de resistência.

RESUMO DA ESPESSURA DE REFORÇO MEDIANA, POLICIADA PELO ATENDIMENTO SIMULTÂNEO A PELO MENOS DOIS MÉTODOS

RODOVIA: GO-330 **PISTA/LADO:** SIMPLES - DIREITO/ESQUERDO

TRECHO: ENTR GO-352- IPAMERI / ENTR GO-020 **EXTENSÃO TRECHO:** 40,00

SEGMENTO HOMOGÊNEO						ESPESSURA TOTAL DE REVESTIMENTO (cm)
Nº	ESTACA		km		EXTENSÃO (m)	
	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL		
1	0	2.000	0,00	40,00	40.000	10,0

Figura 304 – Resumo da espessura de reforço policiada pelos critérios mecanístico e de resistência. Pista simples.

4.2.10.6. Detalhamento Executivo

Consiste na execução dos serviços a seguir descriminados, obedecendo-se às especificações do DNIT e demais especificações pertinentes. Todas as etapas deverão ser executadas com controle de qualidade bastante rígido. Adicionalmente, atesta-se que ainda que a largura de pistas existentes no ato dos levantamentos de campo seja de 3,30m para cada faixa, os serviços de pavimentação considerarão uma nova pista de rolamento de 3,50m, com acostamentos de largura variável (conforme tabela ao fim do presente subtópico) e com um desconto de 0,20m de cada lado em função do aumento da largura de pista existente. Para tal, é também essencial que o projeto de sinalização contemple 3,5m de largura para as faixas.

a) Reciclagem da camada de base existente com incorporação de fração revestimento e 2% de cimento Portland + Imprimação (EAI) + Camada Antirreflexão de Trincas (CART) + Camada de Revestimento em CBUQ Faixa "B" com polímero + Camada de Revestimento em CBUQ Faixa "C" com polímero - km 0 ao km 40,00 – Faixas de Rolamento

- Reciclagem da camada de base "in situ" com incorporação do revestimento asfáltico fresado e adição de Cimento Portland (CP-II) de acordo com os dizeres da normativa DNIT 167/2013 – ES, visando a composição de uma camada constituída por 73% de material granular da base existente (em massa), 25% de revestimento existente já fresado (em massa) e distribuído na área de rolamento e 2% de CP-II (em massa), com espessura final após compactação de 17,5cm. A definição dessas proporções se deu em razão dos ensaios necessários para a validação da mistura proposta, a qual deve se enquadrar essencialmente em uma das duas possibilidades de faixas granulométricas e atender a condições ideais de resistência a tração e flexão.

- Execução de imprimação com a utilização de Emulsão Asfáltica para imprimação (EAI), com taxa de aplicação de 1,3l/m², de acordo com a especificação GOINFRA ES-PAV 007/2019, em toda a área das pistas de rolamento.

- Execução de pintura de ligação, com emulsão asfáltica RR-1C, taxa de aplicação igual a 1,0 l/m², diluída em água na proporção 1:1 (totalizando 0,50 l de água e 0,50 l de emulsão asfáltica RR-1C por m²), a se proceder de acordo com a norma DNIT 145/2012-ES;

- Execução de revestimento em Concreto Betuminoso Usinado a Quente, Faixa "B" com polímero ("Binder"), com espessura variável, conforme quadro disposto ao fim do presente subtópico, em consonância com a norma DNER 385/99-ES em espessura obtida após o cotejamento dos métodos de dimensionamento DNER 667/22 e PARAGON, que será constante de **6,0 cm** em toda a extensão do trecho. O ligante asfáltico utilizado deverá ser o CAP 55/75-E com taxa de aplicação de 5,5%;

- Execução de pintura de ligação, com emulsão asfáltica RR-1C, taxa de aplicação igual a 1,0 l/m², diluída em água na proporção 1:1 (totalizando

0,50 l de água e 0,50 l de emulsão asfáltica RR-1C por m²), a se proceder de acordo com a norma DNIT 145/2012-ES;

- Execução de revestimento em Concreto Betuminoso Usinado a Quente, Faixa "C" com polímero (camada de desgaste), com espessura constante de **4,0 cm**, conforme quadro disposto ao fim do presente subtópico, em consonância com a norma DNER 385/99-ES em espessura obtida após o cotejamento dos métodos de dimensionamento TECNAPAV (DNER 269/94) e PARAGON, a qual será representada a seguir em quadro-resumo indicativo. O ligante asfáltico utilizado deverá ser o CAP 60/85-E com taxa de aplicação de 6,0%. A espessura máxima de cada camada não deverá superar os 6,0 cm, de acordo com as diretrizes técnicas da GOINFRA.

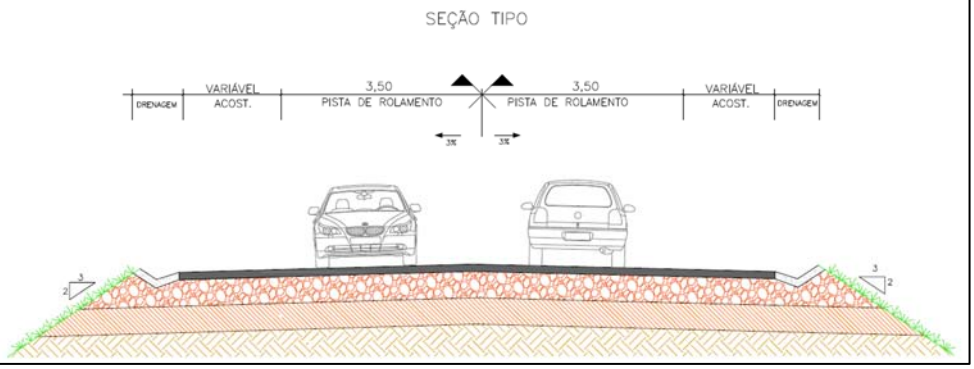
Alternativa I - Reciclagem									
SH	km Inicial	km Final	Espessura Base Existente (cm)	Espessura Sub-base Existente (cm)	Espessura Asfáltica a ser Incorporada (cm)	Reciclagem da Camada de Base + 2% de CP + 23% MAF	Espessura CBUQ (cm)		
							Calculada	Homogeneizada	
								Faixa "C"	Faixa "B" - Binder
1	0,00	3,08	18,0	17,0	5,0	17,5	10,0	4,0	6,0
2	3,08	8,00	23,0	24,0	5,0	17,5	10,0	4,0	6,0
3	8,00	8,44	16,0	19,0	5,0	17,5	10,0	4,0	6,0
4	8,44	11,44	16,0	19,0	5,0	17,5	10,0	4,0	6,0
5	11,44	17,16	16,0	15,0	5,0	17,5	10,0	4,0	6,0
6	17,16	20,92	15,0	10,0	5,0	17,5	10,0	4,0	6,0
7	20,92	24,88	14,0	11,0	5,0	17,5	10,0	4,0	6,0
8	24,88	26,92	14,0	14,0	5,0	17,5	10,0	4,0	6,0
9	26,92	31,24	20,0	14,0	5,0	17,5	10,0	4,0	6,0
10	31,24	32,60	18,0	20,0	5,0	17,5	10,0	4,0	6,0
11	32,60	33,28	18,0	20,0	5,0	17,5	10,0	4,0	6,0
12	33,28	39,68	20,0	21,0	5,0	17,5	10,0	4,0	6,0
13	39,68	42,83	17,0	20,0	5,0	17,5	10,0	4,0	6,0

Figura 305 – Espessura de revestimento final dimensionada, dividida entre CBUQ Faixa "B" (Binder) e CBUQ Faixa "C" (camada de desgaste).

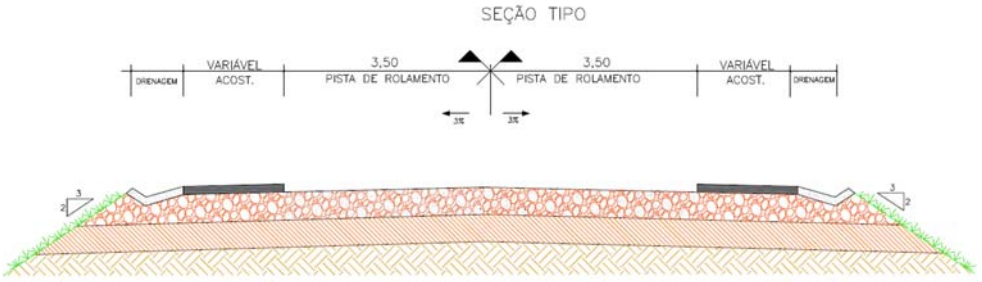
Para o revestimento dos limpa-rodas indicados em projeto, deverá ser utilizada uma camada granular composta por material asfáltico fresado (oriundo do procedimento de fresagem descontínua para reparos) recoberto por emulsão asfáltica para imprimação (EAI) em uma taxa de 2,0 l/m². Tal taxa se justifica pela necessidade de composição de uma camada granular mais durável e mais bem aderida ao substrato, evitando-se assim o fenômeno de desagregação.

Por fim, visando facilitar a compreensão das etapas de soluções propostas para a pista de rolamento, a faixa adicional e os acostamentos, apresenta-se a seguir o sequencial executivo das soluções.

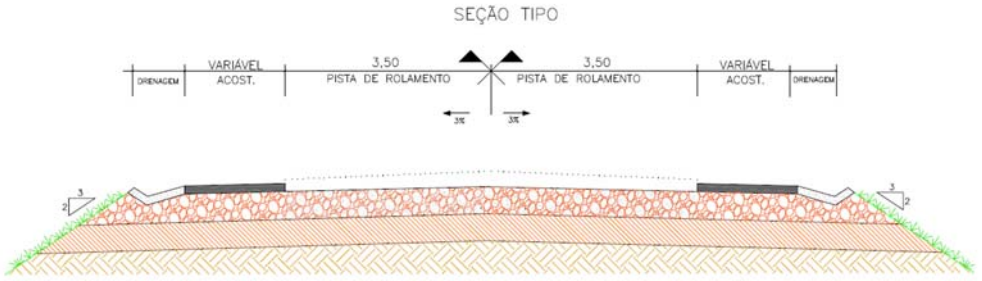
1 PISTA EM CONDIÇÕES ORIGINAIS



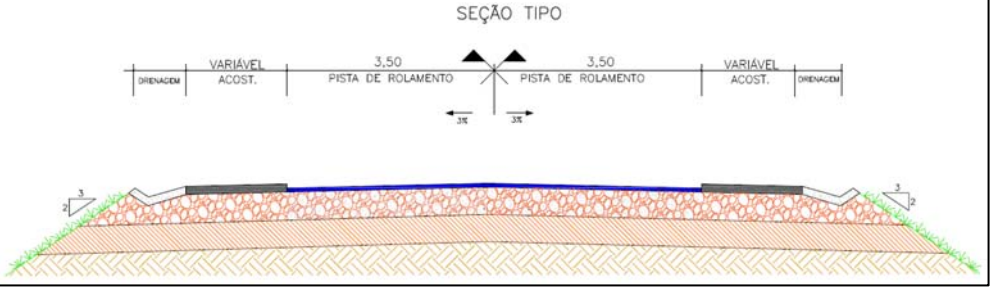
2 RECICLAGEM DA BASE COM INCORPORAÇÃO DO REVESTIMENTO E DE 2% DE CIMENTO



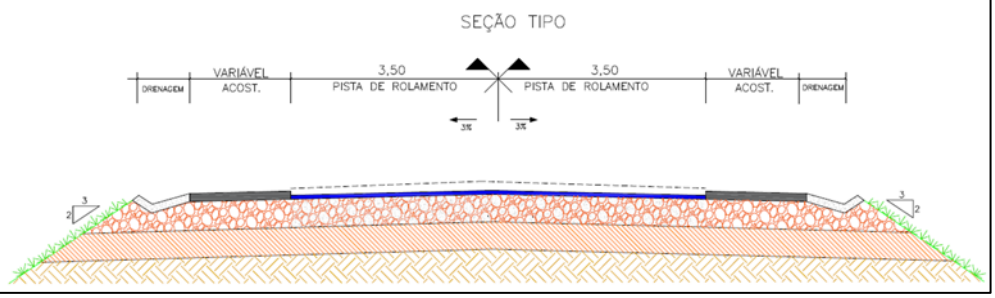
3 EXECUÇÃO DA IMPRIMAÇÃO COM EAI



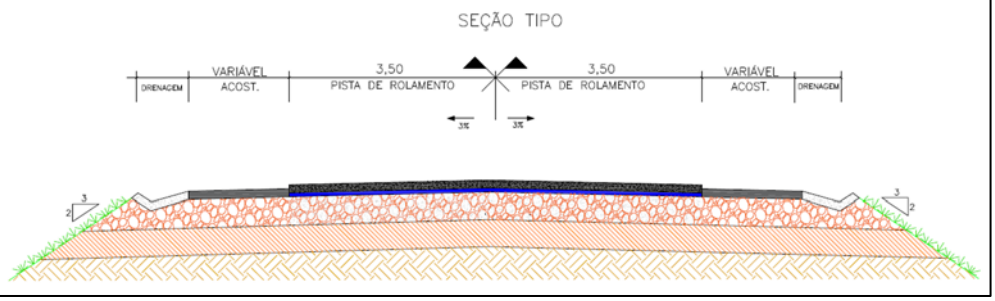
4 EXECUÇÃO DA CAMADA ANTIRREFLEXÃO DE TRINCAS (CART) EM TSD



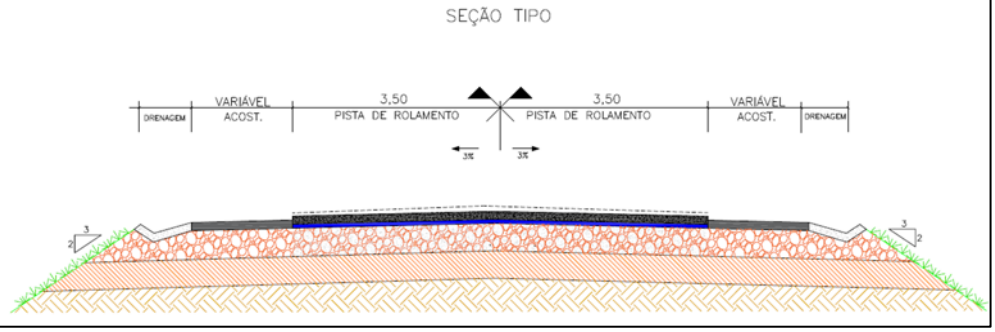
5 EXECUÇÃO DA PINTURA DE LIGAÇÃO COM RR-2C



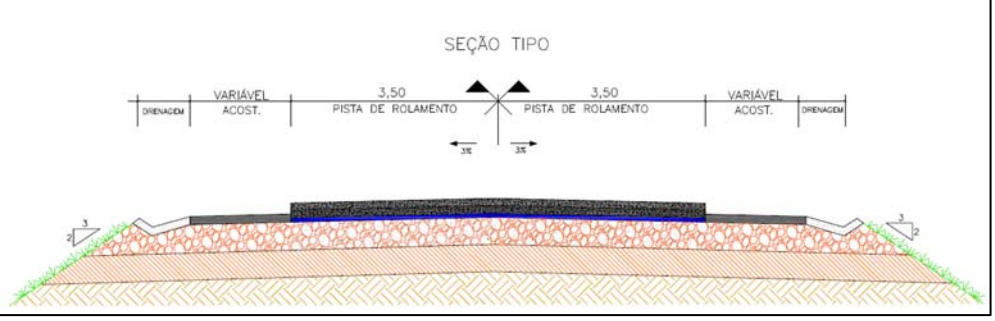
6 EXECUÇÃO DA PRIMEIRA CAMADA DE REVESTIMENTO EM CBUQ FAIXA "B" - BINDER



7 EXECUÇÃO DA PINTURA DE LIGAÇÃO



8 EXECUÇÃO DA SEGUNDA CAMADA DE REVESTIMENTO EM CBUQ FAIXA "C" - CAMADA DE ROLAMENTO



b) <u>Acostamento:</u>

- Limpeza da área revestida dos acostamentos, em ambos os sentidos da via, por meio de varredura da superfície para posterior execução de revestimento asfáltico;

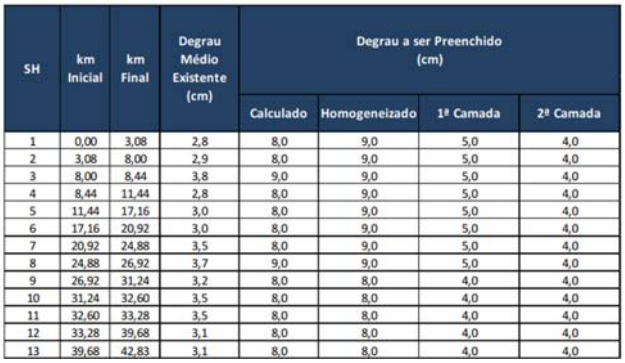
- Execução de pintura de ligação, com emulsão asfáltica RR-1C, taxa de aplicação igual a 1,0 l/m², diluída em água na proporção 1:1 (totalizando 0,50 l de água e 0,50 l de emulsão asfáltica RR-1C por m²)[3], de acordo com a norma DNIT 145/2012-ES. Esta pintura deve ser executada em toda largura da faixa e só deverá ser paga quando aplicada;

- Execução de revestimento em Concreto Betuminoso Usinado a Quente, Faixa "B" com polímero, com espessura variável, conforme quadro disposto ao fim do presente subtópico, em consonância com a norma DNER 385/99-ES em espessura suficiente para que os degraus entre pista e acostamento não sejam superiores a 5,0 cm em nenhum segmento, a qual será representada a seguir em quadro-resumo indicativo. O ligante asfáltico utilizado deverá ser o CAP 55/75-E com taxa de aplicação de 5,5%. A espessura máxima de cada camada não deverá superar os 6,0 cm, de acordo com as diretrizes técnicas da GOINFRA, e deverão ser executadas novas pinturas de ligação sempre que necessária a divisão da espessura total em múltiplas camadas. Nesse sentido, a primeira camada terá espessura variável, e a segunda camada uma espessura constante de 4,0 cm, devendo haver uma nova pintura de ligação (RR-1C) entre elas.

SH	km Inicial	km Final	Degrau Médio Existente (cm)	Degrau a ser Preenchido (cm)			
				Calculado	Homogeneizado	1ª Camada	2ª Camada
1	0,00	3,08	2,8	8,0	9,0	5,0	4,0
2	3,08	8,00	2,9	8,0	9,0	5,0	4,0
3	8,00	8,44	3,8	9,0	9,0	5,0	4,0
4	8,44	11,44	2,8	8,0	9,0	5,0	4,0
5	11,44	17,16	3,0	8,0	9,0	5,0	4,0
6	17,16	20,92	3,0	8,0	9,0	5,0	4,0
7	20,92	24,88	3,5	8,0	9,0	5,0	4,0
8	24,88	26,92	3,7	9,0	9,0	5,0	4,0
9	26,92	31,24	3,2	8,0	8,0	4,0	4,0
10	31,24	32,60	3,5	8,0	8,0	4,0	4,0
11	32,60	33,28	3,5	8,0	8,0	4,0	4,0
12	33,28	39,68	3,1	8,0	8,0	4,0	4,0
13	39,68	42,83	3,1	8,0	8,0	4,0	4,0

Figura 306 – Espessura asfáltica a ser executada para preenchimento dos degraus, a cada segmento de solução.

Em análise das etapas de elaboração do presente projeto, a contratante questionou a exequibilidade de camadas asfálticas de espessuras variáveis entre pistas de rolamento e acostamentos (por exemplo, em segmentos que contam com uma primeira camada de 5,0cm nos acostamentos e 6,0cm nas pistas de rolamento). Em resposta, tem-se que a espessura de revestimento total dos acostamentos varia entre 8,0cm e 9,0cm, a ser dividida em duas camadas. Uma vez que não há como compor camadas de CBUQ de 2,0 cm (8,0cm – 6,0cm), entende-se que a única opção tecnicamente viável é dividir tais espessuras totais entre camadas de 4,0cm e 5,0 cm.



SH	km Inicial	km Final	Degrau Médio Existente (cm)	Degrau a ser Preenchido (cm)			
				Calculado	Homogeneizado	1ª Camada	2ª Camada
1	0,00	3,08	2,8	8,0	9,0	5,0	4,0
2	3,08	8,00	2,9	8,0	9,0	5,0	4,0
3	8,00	8,44	3,8	9,0	9,0	5,0	4,0
4	8,44	11,44	2,8	8,0	9,0	5,0	4,0
5	11,44	17,16	3,0	8,0	9,0	5,0	4,0
6	17,16	20,92	3,0	8,0	9,0	5,0	4,0
7	20,92	24,88	3,5	8,0	9,0	5,0	4,0
8	24,88	26,92	3,7	9,0	9,0	5,0	4,0
9	26,92	31,24	3,2	8,0	8,0	4,0	4,0
10	31,24	32,60	3,5	8,0	8,0	4,0	4,0
11	32,60	33,28	3,5	8,0	8,0	4,0	4,0
12	33,28	39,68	3,1	8,0	8,0	4,0	4,0
13	39,68	42,83	3,1	8,0	8,0	4,0	4,0

Conforme a imagem exposta, a consultora determinou a execução das mínimas espessuras de revestimento para os acostamentos visando a eliminação de degraus superiores a 5,0cm, buscando o atendimento pleno às normas da GOINFRA e viabilidade técnica ao projeto. Quaisquer alterações nas espessuras em questão significariam a criação de degraus superiores a 5,0cm (contra os dizeres da normativa IT 003*/2017 – AGETOP) ou resultariam em um maior custo (não justificado) ao projeto.

Ademais, ressalta-se que não existem impedimentos técnicos contrários à variações milimétricas de espessura entre pista e acostamentos. Segundo a ABNT NBR 15115 e Catálogos de pavimentadoras atuais, as pavimentadoras asfálticas realizam transições milimétricas por controle hidráulico da mesa acabadora, sem paradas, de forma contínua. As mesas convencionais permitem variação típica de espessuras entre 1 e 30cm, sem necessidade de parada do procedimento executivo ou troca de equipamento.

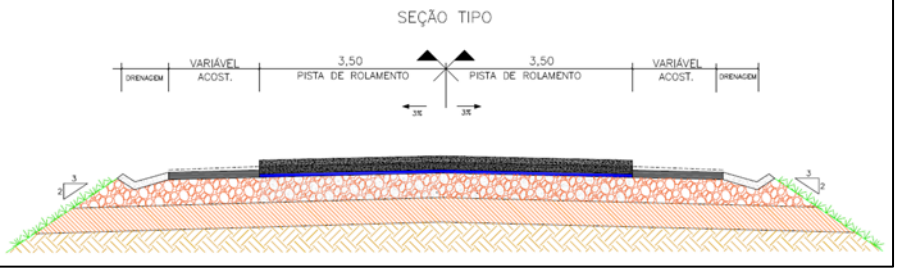
Ainda, no tocante ao procedimento de reparos profundos, foi feito questionamento sobre a execução de uma possível capa asfáltica intermediária para que o trecho pudesse ser liberado para o tráfego parcialmente, até as próximas etapas. Sobre isso, a consultora mantém a indicação dos procedimentos já preconizados, sem a execução da referida capa intermediária, de acordo com a seguinte justificativa.

Conforme conversado entre as partes na reunião técnica do dia 03/12/2025, a operação de reparos profundos deverá ser composta pelas seguintes etapas:

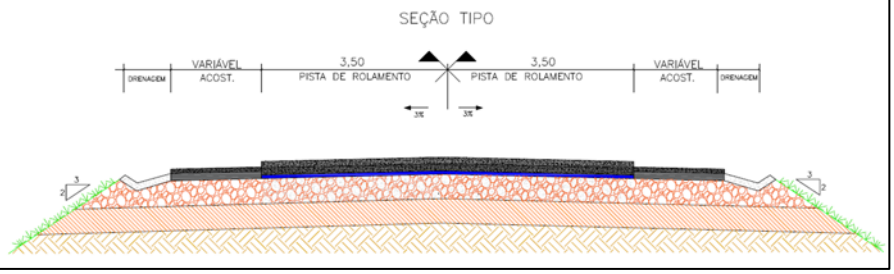
- Verificação de eventuais pontos com necessidade de reparos profundos por problemas estruturais específicos, única e exclusivamente na camada granular de sub-base existente;
- Fresagem total do revestimento existente nos pontos em questão, a serem alvos de reparos profundos;
- Remoção integral do volume da camada granular de base existente e transporte do mesmo para bota-espera;
- Remoção integral do volume da camada de sub-base comprometida e transporte do mesmo para bota-fora, uma vez que não será reaproveitado;
- Execução de nova camada de sub-base em BGS, com volume equivalente ao removido;
- Recomposição da base granular, com o material até então armazenado em bota-espera;
- Reciclagem da camada granular de base, com adição de cimento Portland (3%);
- Execução de imprimação asfáltica (EAI) em toda a largura de pistas e acostamentos;
- Execução de novo revestimento asfáltico, composto por CBUQ Faixa “B” (6,0cm) e CBUQ Faixa “C” (4,0cm), em camadas asfálticas unidas por pintura de ligação.

A sugestão do órgão para recomposição de camada de revestimento asfáltico previamente à execução de reciclagem da base granular é compreensível para dar celeridade e produtividade à obra, mas envolve a execução de um revestimento asfáltico plenamente novo para, em poucos meses, o destruir (fresagem parcial) para a execução do procedimento de reciclagem da camada de base. Conforme conversado em reunião técnica, a consultora entende que tal preconização seria um problema em fase de obras, uma vez que resultaria em desperdício direto de recursos valiosos (no caso, uma nova camada de concreto asfáltico de espessura elevada). Nesse contexto, a consultora opta por manter a preconização das etapas de execução dos reparos profundos conforme previamente descritas.

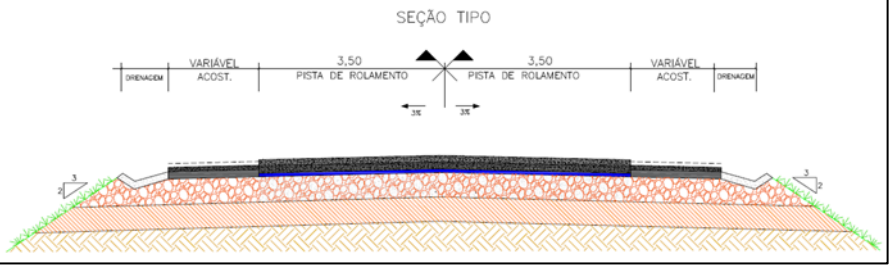
9 EXECUÇÃO DE PINTURA DE LIGAÇÃO NOS ACOSTAMENTOS



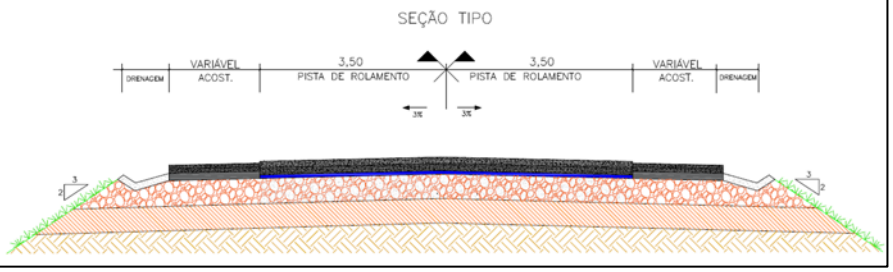
10 EXECUÇÃO DE CBUQ FAIXA "B" NOS ACOSTAMENTOS



11 EXECUÇÃO DA PINTURA DE LIGAÇÃO NOS ACOSTAMENTOS



12 EXECUÇÃO DA SEGUNDA CAMADA DE CBUQ FAIXA "B" NOS ACOSTAMENTOS



Larguras de Acostamento					
Lado Esquerdo			Lado Direito		
Estaca Inicial	Estaca Final	Largura (m)	Estaca Inicial	Estaca Final	Largura (m)
0	5	0,8	0	5	0,8
5	75	0,8	5	51	0,8
75	221	0	51	61	0,8
221	433	0,8	61	117	0,8
433	1997	1,3	117	132	0
1997	2000	1,3	132	433	0,8
			433	1997	1,3
			1997	200	1,3

Figura 307 – Larguras de acostamento – lados direito e esquerdo.

Limpa-rodas: **Composição de camada de material asfáltico fresado (10,0cm) + Banho de Emulsão (EAI)**

O procedimento de revestimento dos limpa-rodas mapeados consiste na deposição de uma camada de 10,0cm de material asfáltico fresado, a ser recoberta por um banho de EAI com a taxa de 2,0 l/m². O objetivo do referido banho é o de criar a devida adesão, por meio da recuperação das capacidades ligantes do asfalto presente no material fresado e da efetiva ligação entre agregados promovidas por este banho. Para tal, é essencialmente necessário que a taxa utilizada seja a supracitada, visando garantir uma maior durabilidade do procedimento por retenção dos agregados depostos.

4.2.10.7. Fontes de Materiais a Serem Utilizados

As principais fontes de materiais indicadas em projeto são as seguintes, conforme apresentado no Linear de Ocorrências:

- **Concreto Asfáltico Usinado a Quente com Polímero**:

  Materiais pétreos: serão provenientes da Pedreira Melhor Brita, localizada a 80,03 km do Canteiro de Obras;

  Filler: será utilizado Cimento Portland proveniente da Votorantim Cimentos, localizada a 241,32 km do Canteiro de Obras;

  Material Betuminoso: o CAP será proveniente da Brasquímica Produtos Asfálticos, distante 129,01 km do canteiro;

  Areia: a areia será proveniente do Areal Lemos 2, distante 14,02 km do Canteiro de obras.

- **Pintura de Ligação e Imprimação:**

  Material Betuminosos: serão provenientes da Brasquímica Produtos Asfálticos, distante 129,01 km do canteiro.

- **Reparos Profundos:**

  Materiais pétreos (BGS): serão provenientes da Pedreira Melhor Brita, localizada a 80,03 km do Canteiro de Obras.

Obs.: A usina de asfalto será disposta junto ao Canteiro de Obras, na estaca 165.

4.2.11. ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS E DE MATERIAIS

Lista-se a seguir as especificações de Serviço e de Materiais a serem recomendadas para execução dos serviços:

- Especificação GOINFRA ES-PAV 003/2019 – Pavimentação – Reciclagem Profunda de Pavimentos;
- Especificação de Serviço GOINFRA ES-PAV 007/2019 – Pavimentação – Imprimação Asfáltica;
- Especificação de Serviço GOINFRA ES-PAV 010/2019 – Pavimentação – Tratamentos Superficiais Asfálticos por Penetração – À Frio;
- Especificação de Serviço GOINFRA ES-PAV 008/2019 – Pavimentação – Pintura de Ligação;
- Especificação de Serviço DNER-ES 385/99 – Pavimentação – concreto asfáltico com asfalto polímero.

4.3 – PROJETO DE SINALIZAÇÃO

4.3.1. Introdução

O Projeto Sinalização para a rodovia GO-330 – Trecho: GO-020 (Próx. Roncador) - Ipameri - foi elaborado em conformidade com os seguintes documentos:

- Manuais de Sinalização do Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN;
- Manual de Sinalização Rodoviária do DNIT de 2010;
- Código de Trânsito Brasileiro (Lei Federal nº 9.503 de 24/09/1997) e a Resolução nº 160 de 22 deAbril de 2004;
- Normas Técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT;
- Instrução de Projetos Rodoviários IP-15 GOINFRA – Projeto Sinalização;

4.3.2. Metodologia

O sistema de sinalização foi projetado de forma a assegurar aos usuários da rodovia atenção, compreensão e resposta necessária às mensagens, por meio de padronizações de símbolos, cores, formas e dimensões adequadas e simplificadas de legendas, em conformidade com a legislação em vigor.

A sinalização vertical é composta de placas e dispositivos especiais e a sinalização horizontal de faixas ou linhas de demarcação pintadas no pavimento.

4.3.2.1.Parâmetros de Dimensionamento

Os parâmetros de dimensionamento dos vários elementos tanto da sinalização vertical como horizontal, foram obtidos de tabelas constantes dos documentos mencionados acima, função da velocidade de projeto ou de operação e da classe da rodovia.

Na sequência, para os itens específicos relativos à sinalização vertical e sinalização horizontal, encontram- se apresentados os valores de velocidade para os elementos adotados como distância de visibilidade de ultrapassagem, dimensionamento e dimensão das placas e tipos, padrões de dimensionamentos da letra para rodovia:

- Rodovia: 80 km/h;

4.3.3. Projeto de Sinalização Horizontal

A sinalização horizontal tem como finalidade principal orientar o motorista dentro de critérios pré- estabelecidos por normas, aumentando assim, a segurança do tráfego.

Este tipo de sinalização é composto por pinturas de faixas contínuas e faixas interrompidas, no pavimento, associada às marcas fixadas no pavimento, nas cores branca (para canalização) e amarela (para proibição).

As faixas interrompidas foram utilizadas na demarcação das faixas de rolamento, servindo como guia ao usuário e disciplinando a canalização do fluxo.

Os principais elementos que estão sendo utilizados no presente projeto relativos à sinalização horizontal, são:

4.3.3.1.Marcas Longitudinais

As marcas longitudinais separam e ordenam as correntes de tráfego, definindo a parte da pista destinada à circulação de veículos, a sua divisão em faixas de mesmo sentido, a divisão de fluxos opostos, as faixas de uso exclusivo ou preferencial de espécie de veículo, as faixas reversíveis, além de estabelecer as regras de ultrapassagem e de transposição.

As marcas longitudinais amarelas, contínuas simples ou duplas, têm poder de regulamentação, separam os movimentos veiculares de fluxos opostos e regulamentam a proibição de ultrapassagem e os deslocamentos laterais, exceto para acesso a imóvel lindeiro;

- As marcas longitudinais brancas contínuas são utilizadas para delimitar a pista (linha de bordo) e para separar faixas de trânsito de fluxos de mesmo sentido. Neste caso, têm poder de regulamentação de proibição de ultrapassagem e transposição;
- As marcas longitudinais brancas, seccionadas ou tracejadas, não têm poder de regulamentação, apenas ordenam os movimentos veiculares de mesmo sentido.

a) Linhas de Divisão de Fluxos Opostos - LFO

As marcações constituídas por Linhas de Divisão de Fluxos Opostos (LFO) separam os movimentos veiculares de sentidos opostos e indicam os trechos da via em que a ultrapassagem é permitida ou proibida.

Para a determinação das zonas de permissão e proibição de ultrapassagem, constrói-se uma régua transparente, na mesma escala do projeto, contendo a distância mínima de visibilidade de acordo com a velocidade da via e, nas duas extremidades, segmentos verticais de 1,20 m (altura do olho do observador), conforme previsto no Manual de Sinalização Rodoviária do DNIT. Deslizando a régua sobre o perfil vertical e eixo horizontal é possível determinar tais áreas. As imagens a seguir apresentam a metodologia para determinação das zonas de ultrapassagem horizontal e a tabela com as distâncias mínimas de ultrapassagem com relação à velocidade da via, respectivamente.

A velocidade diretriz do projeto foi de 80km/h, portanto, a distância de visibilidade adotada foi de 245m, conforme o Manual Brasileiro de Sinalização de trânsito Volume IV do CONTRAN.

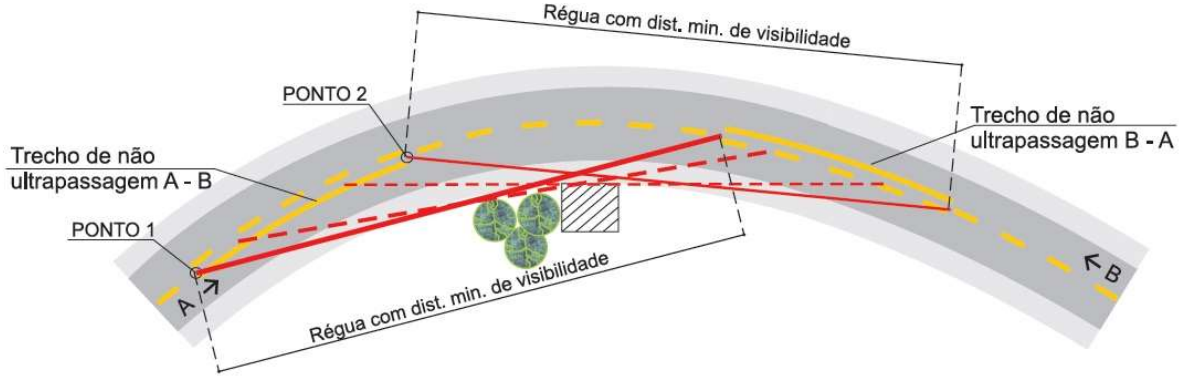


Figura 1: Distância de visibilidade de ultrapassagem - Horizontal
Fonte: Manual de Sinalização Rodoviária, DNIT, 3 ª edição, 2010

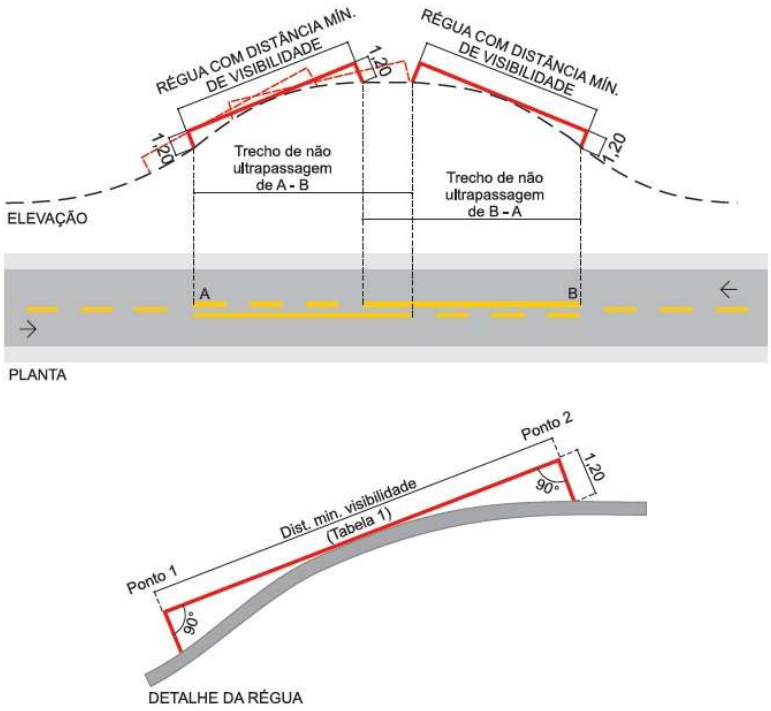


Figura 2: Distância de visibilidade de ultrapassagem - Vertical
Fonte: Manual de Sinalização Rodoviária, DNIT, 3 ª edição, 2010.

VELOCIDADE REGULAMENTADA (km/h)	DISTÂNCIA MÍNIMA DE VISIBILIDADE (m)
40	140
50	160
60	180
70	210
80	245
90	280
100	320
110	355

Tabela 5: Distância mínima de visibilidade x velocidade regulamentada
Fonte: Manual de Sinalização Rodoviária, DNIT, 3 ª edição, 2010.

Os tipos, dimensões e cadência das linhas de fluxos opostos serão os seguintes:

- **Linha Simples Contínua (LFO-1)**

A LFO-1 divide os fluxos opostos de circulação, delimitando o espaço disponível para cada sentido e regulamentando os trechos em que a ultrapassagem e os deslocamentos laterais são proibidos para os dois sentidos. Deverá ser na cor amarela, com largura igual a 0,15 m

- **Linha Simples Seccionada (LFO-2)**

A LFO-2 divide fluxos opostos de circulação, delimitando o espaço disponível para cada sentido e indicando os trechos em que a ultrapassagem e os deslocamentos laterais são permitidos.

A LFO-2 será pintada na cor amarela, com largura igual a 0,15m, tracejada na proporção 1:3, sendo que para cada 4,00m pintados tem-se um intervalo de 12,00m.

- **Linha Dupla Contínua – (LFO-3)**

Linhas de divisão de fluxos opostos de circulação, delimitando o espaço disponível para cada sentido e regulamentando os trechos em que a ultrapassagem e os deslocamentos laterais são proibidos para os dois sentidos. Deverão ser na cor amarela, com largura igual a 0,15 m, e com espaçamento entre as faixas igual a 0,15 m.

- **Linha Contínua/Seccionada – (LFO-4)**

Linhas de divisão de fluxos opostos de circulação, delimitando o espaço disponível para cada sentido e regulamentando os trechos em que a ultrapassagem e os deslocamentos laterais são proibidos ou permitidos. Deverão ser na cor amarela, com largura igual a 0,15 m, e com espaçamento entre as faixas igual a 0,15 m. As linhas seccionadas deverão seguir a proporção de 1:3, sendo que para cada 4,0 m pintados, teremos uma interrupção de 12,0 m.

b) Linha de Bordo (LBO)

A LBO delimita, através de linha contínua, a parte da pista destinada ao deslocamento dos veículos, estabelecendo seus limites laterais.

No trecho principal, a LBO será pintada na cor branca, com largura igual a 0,15 m.

c) Linha de Continuidade (LCO)

A LCO é utilizada quando é necessário fornecer continuidade visual às marcações longitudinais. Além disso, a Linha de Continuidade pode ser utilizada para indicar o acréscimo ou término de faixas na via.

A Linha de Continuidade será pintada na cor branca, com largura igual a 0,15 m e cadência de 1:1, sendo que para cada 2,0 m pintado, teremos uma interrupção de 2,0 m.

4.3.4. Marcas de Canalização

As marcas de canalização são utilizadas para orientar e regulamentar os fluxos de veículos em uma via, direcionando-os de modo a propiciar maior segurança e melhor desempenho, em situações que exijam uma reorganização de seu caminhamento natural.

a) Linha de Canalização (LCA)

A LCA delimita o pavimento reservado à circulação de veículos, orientando os fluxos de tráfego por motivos de segurança e fluidez.

A LCA será pintada na cor branca quando direciona fluxo de mesmo sentido e na cor amarela quando direciona fluxo de sentido oposto, com largura de 0,15 m.

A LCA é utilizada em várias situações, pois separa o conflito entre movimentos convergentes ou divergentes, desvia os veículos nas proximidades de ilhas e obstáculos, altera a função do acostamento, demarca canteiros centrais e ilhas, alerta para alteração na largura da pista, possibilita o entrelaçamento do fluxo veicular em interseções em mini rotatória e rotatória e protege áreas de estacionamento.

4.3.5. Projeto de Sinalização Vertical

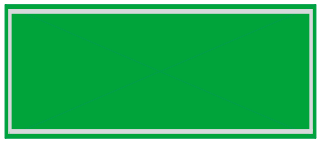
A concepção do projeto de sinalização vertical baseou-se nos princípios expostos a seguir, quais sejam:

- A sinalização deverá ser de fácil compreensão pelos motoristas;
- Deverá ter a mesma intensidade ao longo da via, visando propiciar condicionamento ao motorista;
- Deverá ser contínua, isto é, os sinais deverão ser coerentes entre si;
- Deverá ter o sentido de antecipação a fim de preparar o motorista para sua próxima decisão.

Neste sentido, tornou-se necessário o atendimento a certos requisitos básicos sob o ponto de vista de localização, conservação e uniformidade dos elementos, sendo:

- Localização: as placas foram posicionadas dentro do cone de visão do usuário normal e a uma distância necessária, conforme seu deslocamento, para uma reação adequada;
- Conservação: foram asseguradas as condições da manutenção sob o ponto de vista de colocação elegibilidade;
- Uniformidade: visou garantir que para situações iguais se tenha sinais iguais.

O presente projeto de Sinalização vertical procura contemplar a indicação de placas, objetivando fornecer ao usuário elementos de regulamentação, de advertência, indicativas, educativas, de atrativos turísticos e de marcos quilométricos, além dos dispositivos que favorecerão a visualização da modificação do alinhamento da via em planta e deverão possuir as seguintes formas detalhadas a seguir:

	Para os Sinais de Regulamentação serão utilizadas predominantemente a forma circular, na cor branca em seu fundo e a cor vermelha em sua borda.
	Os Sinais de Advertência terão a forma quadrada, com posicionamento definido por diagonal na vertical, e fundo na cor amarela.
	Os Sinais de Indicação serão predominantemente retangulares, com posicionamento do lado maior na horizontal e fundo na cor verde ou azul, conforme anexo II do CTB.
	Os Sinais Educativos serão predominantemente retangulares, com posicionamento do lado maior na horizontal e fundo na cor branca.
	Os Sinais de Referência Quilométrica (Marco Quilométrico) deverão possuir forma retangular com o posicionamento do lado maior na vertical e fundo na cor azul.
	Os Sinais de Indicação de Serviços Auxiliares serão de forma retangular, com o posicionamento do lado maior na vertical e com o fundo na cor azul.
	Os sinais de atrativos turísticos são predominantemente retangulares, com posicionamento do lado maior na horizontal e fundo na cor marrom.
	Os sinais de identificação de municípios, logradouros e regiões de interesse de tráfego, de identificação de pontes, passarelas, viadutos e túneis, de identificação de limites, divisas e fronteiras, de praças de pedágio, indicativas de nome de rodovia, indicativas de distância de rodovias são predominantemente retangulares, com o lado maior na horizontal e fundo na cor azul.
	Os sinais de indicação de serviços auxiliares, de forma retangular, com o lado maior na vertical e com fundo branco, são dispostos em placas de fundo azul formando placas, predominantemente, retangulares com o lado maior na horizontal.

Quanto ao seu posicionamento ao longo da via, as placas estão condicionadas pela distância de visibilidade necessária para sua visualização e pelo tipo de situação.

4.3.6. Placas de Regulamentação

Os sinais ou placas de regulamentação têm por objetivo notificar o usuário sobre as restrições, proibições e obrigações que governam o uso da via e cuja violação constitui infração prevista no Código de Trânsito Brasileiro.

As dimensões dos sinais variam em função das características da via, principalmente no tocante à sua velocidade de operação, de forma a possibilitar a percepção do sinal, e a legibilidade e compreensão de sua mensagem, por parte do usuário, dentro de um tempo hábil para que se realize a operação ditada por esta mensagem.

Em função da velocidade de projeto adotada, as placas de regulamentação possuirão diâmetro de 1,00 m.

- Octogonais: L = 0,41 m
- Triangular: L= 1,00 m

4.3.6.1.Placas de Advertência

Os sinais ou placas de advertência são utilizados sempre que se julgar necessário chamar a atenção dos usuários para situações permanentes ou de eventuais perigos, nas vias ou em suas adjacências. Estas situações exigem cuidados adicionais e reações de intensidade diversa por parte dos motoristas, que podem ir desde um simples estado de alerta, quando a situação é eventual, à adoção de manobras mais complexas de direção, a reduções de velocidades ou até mesmo à parada do veículo, quando a situação é permanente.

Em função da velocidade de projeto adotada, as placas de advertência terão formato quadrado, com largura igual a 1,00m.

4.3.6.2.Placas Indicativas

Os sinais ou placas de indicação têm como finalidade principal orientar os usuários da via no curso de seu deslocamento, fornecendo-lhes as informações necessárias para a definição das direções e sentidos a serem por eles seguidos, e as informações quanto às distâncias a serem percorridas nos diversos segmentos do seu trajeto.

São também utilizados para informar aos usuários quanto à existência de serviços ao longo da via, tais como postos de abastecimento e restaurantes, quanto à ocorrência de pontos geográficos de referência, como divisas de estados e municípios, à localização de áreas de descanso, à existência de parques e lugares históricos, além de fornecer-lhes mensagens educativas ligadas à segurança de trânsito. Enfim, ajudá-los a realizar a sua viagem de maneira direta, segura e confortável.

As dimensões das placas indicativas dependerão do número e tamanho das letras e algarismos empregados que por sua vez, são em função da velocidade de projeto e da distância transversal das placas à linha de visada do usuário, sendo todas retangulares.

Para o dimensionamento das placas indicativas considerando a velocidade de projeto, a altura de letras e algarismos será de 200 mm no trecho principal.

4.3.6.3.Marcos Quilométricos

Os marcos quilométricos são implantados na via com a finalidade principal de fornecer ao usuário uma referência de localização e de progressão ao longo de seu percurso de viagem. Além disso, servem como elemento auxiliar de identificação de locais de ocorrência de incidentes e para o cadastro da rodovia, com vistas à sua manutenção, operação e serviços gerais.

Os marcos devem ser posicionados de modo alternado nos dois lados da rodovia, com espaçamento de 1,00 em 1,00 km, de forma que os quilômetros pares fiquem no sentido crescente e os quilômetros ímpares fiquem no sentido decrescente da rodovia. Os marcos devem ser posicionados com uma tolerância de até 100 m, antes ou depois de sua localização prevista. Caso não seja possível a implantação do marco, ainda que com essa tolerância, ele deverá ser omitido.

- Forma: Retangular
- Dimensão: 0,90 x 1,00m

Altura das letras utilizadas nas placas de identificação quilométrica:

- Distância – Altura mínima da letra minúscula/algarismo – h = 150 mm
- Ponto cardeal – Altura mínima da letra maiúscula – h = 150 mm
- Sigla – Altura mínima da letra maiúscula – h = 150 mm
- Posicionamento e localização: para pista com acostamento, os marcos quilométricos deverão ser posicionados a uma distância mínima de 1,50 m do limite do acostamento e a uma altura de 0,50 m – 1,20 m medida à projeção horizontal da cota do pavimento acabado.

4.3.7. Dispositivos Auxiliares

4.3.7.1.Tachas

A tacha proporciona ao condutor melhor percepção do espaço destinado à circulação, realçando a marca longitudinal e/ou marca de canalização e reforçando a visibilidade da sinalização horizontal em condições climáticas adversas, de forma a auxiliar o posicionamento do veículo na faixa de trânsito. Deve ser utilizada quando se deseja melhorar a percepção do condutor quanto aos limites destinado ao rolamento, nas seguintes situações:

- Aumentar as condições de visualização da marca longitudinal e/ou marca de canalização,principalmente à noite, sob chuva ou neblina;
- Auxiliar na percepção das variações geométricas da pista de rolamento, como curvas horizontais,bifurcações e entroncamentos, variação na largura e no número de faixas.

A tacha deve ser colocada junto à sinalização horizontal, com o elemento retrorrefletivo perpendicular ao fluxo e voltado para o sentido de circulação dos veículos. As tachas devem ser distribuídas a partir dos seguintes critérios:

- **Linha de Bordo (LBO)**

As tachas implantadas nas linhas de bordo devem ser bidirecionais com elementos retrorrefletivos branco e vermelho. O critério de espaçamento deve ser de 12 em 12m em condições normais, 9 em 9 m nas curvas, pontes e viadutos.

- **Linha de Continuidade (LCO)**

As tachas implantadas nas linhas de continuidade devem ser monodirecionais com elementos retrorrefletivos brancos. O critério de espaçamento deve ser de 4 em 4m.

- **Linha Dupla Contínua (LFO-3)**

As tachas implantadas na linha dupla contínua devem ser bidirecionais com elementos retrorrefletivos amarelo. O critério de espaçamento deve ser de 12 em 12m em condições normais, 9 em 9 m nas curvas, pontes e viadutos.

- **Linha Simples Seccionada (LFO-2)**

As tachas implantadas na linha simples seccionada devem ser bidirecionais com elementos retrorrefletivos amarelo. O critério de espaçamento deve ser de 16 em 16m.

- **Linha Contínua/Seccionada – (LFO-4)**

As tachas implantadas na linha simples contínua/seccionada devem ser bidirecionais com elementos retrorrefletivos amarelo. O critério de espaçamento deve ser de 16 em 16m.

4.3.7.2.Defensas

A Defensa Metálica é um dispositivo de proteção contínua deformável, constituído de uma estrutura metálica que possui forma, resistência e dimensões projetadas para conter e redirecionar veículos desgovernados.

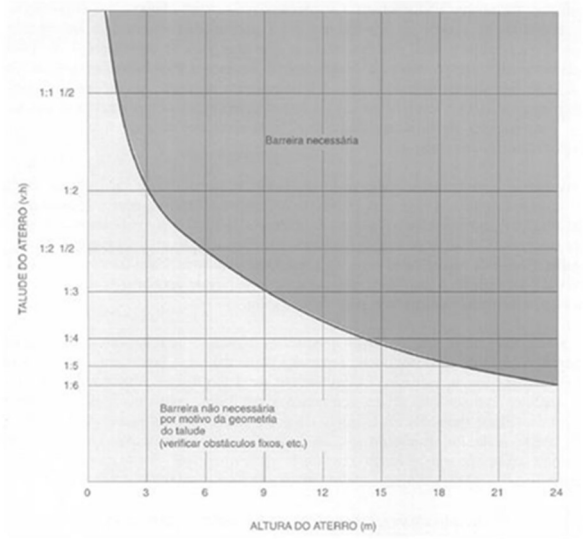
A defensa metálica deve atender às especificações das normas técnicas da ABNT ou especificações superiores.

A defensa metálica é geralmente constituída de três elementos básicos:

- Poste de sustentação: elemento fixado ao solo que, além de sustentar o conjunto na sua altura de projeto, absorve parte da energia resultante da colisão de veículos;
- Lâmina: elemento projetado para receber e absorver o choque de um veículo e servir de guia para a sua trajetória até a parada total do veículo ou o seu retorno à pista;
- Espaçador: elemento intermediário que tem a função de manter o poste de sustentação e a lâmina separados, para evitar o impacto direto do veículo no poste e prevenir o efeito "enganchamento".

O uso de defensa metálica é determinado pela análise das características do local conforme critérios estabelecidos nas normas técnicas da ABNT, que indicam o modelo mais adequado para o nível de contenção desejado e o espaço de trabalho disponível em relação à deflexão máxima do sistema.

O emprego de dispositivo de segurança em aterros pode ser analisado em função da altura de aterro e da declividade do talude, de acordo com a figura abaixo:



A necessidade de implantação de defensas foi avaliada seguindo a NBR 6971 – Defensas metálicas - e a NBR 15486 – Dispositivos de Contenção Viária Projeto e implantação.

Deverão ser implantadas defensas metálicas em locais onde a altura do talude for classificada como crítica, em aproximações (entradas e saídas) de pontes, locais com corte em rocha, postes próximos à pista e, caso existente, curvas consideradas perigosas. Deverão ser implantados delineadores tipo ao longo das defensas. O espaçamento dos delineadores deverá ser a cada 8 metros em curvas e a cada 16 metros em tangentes.

As defensas podem receber elementos de proteção, a critério do projetista, de modo a minimizar os danos causados pelo impacto de motociclistas.

A defensa metálica deve ser implantada de acordo com as normas vigentes, formando um sistema contínuo, preferencialmente sem aberturas ou interrupções. Em local onde ocorre a necessidade de interromper a defensa para permitir a passagem de pedestres, devem ser observados os critérios construtivos de uma abertura segura, conforme estabelecido em norma técnica da ABNT.

Todo terminal de defensa metálica sujeita a impacto por um veículo deve possuir características para minimizar os efeitos deste impacto. O terminal de defensa deve conter o dispositivo absorvedor de energia, conforme a necessidade do projeto e as características do local. O uso do terminal aéreo frontal ao fluxo de veículos deve ser vedado.

4.3.8. Definição dos Tipos de Materiais

4.3.8.1. Sinalização Vertical

As placas com área inferior ou igual a 1m2 serão confeccionadas em chapas de aço zincadas nº 16 em conformidade com a norma ABNT NBR 11.904/2015. O verso das chapas será revestido com pintura eletrostática a pó (poliéster) ou tinta esmalte sintética sem brilho na cor preta de secagem a 140° C.

As placas aéreas e com área superior a 1m2 serão confeccionadas em chapa de alumínio composto (ACM) formada por duas lâminas de alumínio e um núcleo de polietileno conforme ABNT 16.179/2013 em conformidade com o Manual do Programa Nacional de Segurança e Sinalização Rodoviária – BR LEGAL.

Todas as placas de sinalização utilizarão a película tipo III/III.

Os suportes das placas deverão ser de madeira com dimensões de 8 x 8 cm em conformidade com a norma ABNT 16.033/2021.

4.3.8.2.Sinalização Horizontal

Em atendimento à solicitação da GOINFRA, as faixas de sinalização horizontal e demais marcações serão executadas com tinta à base de resina acrílica, assegurando uma espessura de camada de 0,6 mm e uma vida útil mínima de 24 meses.

4.3.8.3.Tachas

As tachas utilizadas serão refletivas com corpo em plástico injetado com um pino, tipo III com revestimento antiabrasivo (face de vidro), conforme os requisitos da norma ABNT NBR 14.636:2013.

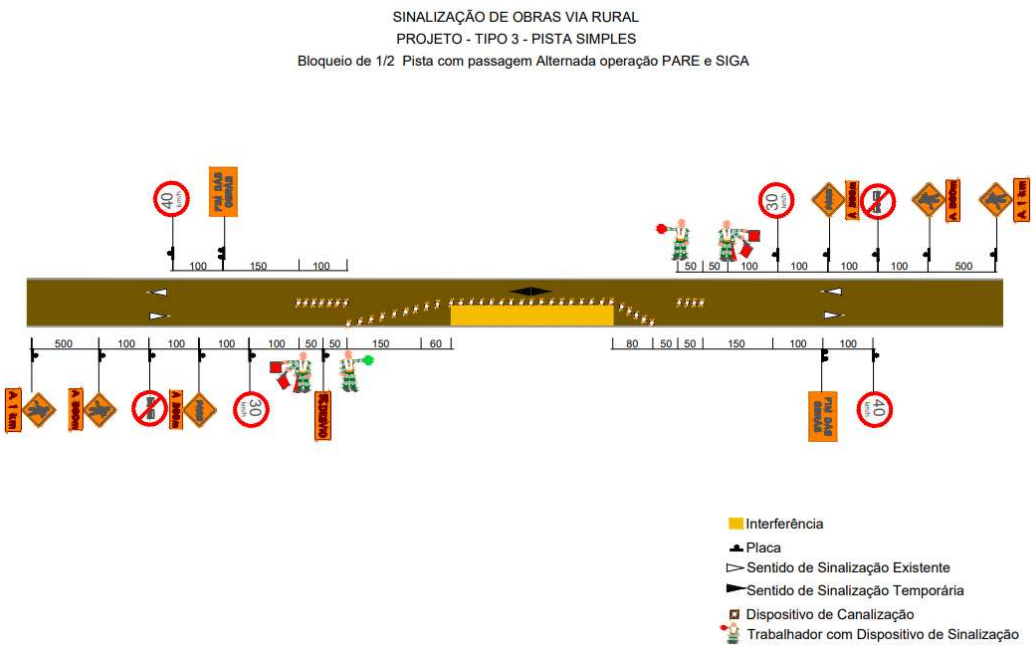
4.3.9. Sinalização de Obras

Conforme solicitado pelo GOINFRA, as quantidades relativas ao dimensionamento da sinalização temporária serão mantidas nesta etapa, sendo devidamente tratadas na Fase de Orçamento, que corresponde à quarta etapa do processo.

Em fase de obra, será utilizada sinalização especial, conforme projeto tipo 3.

Tabela 6 – Projeto Tipo 3 de Sinalização de Obras

Projeto tipo	Utilização
3	Bloqueio de 1/2 pista com passagem alternada e operação PARE e SIGA



Deverão ser utilizadas placas de “TRECHO EM OBRAS” a cada 500,0m ao longo da extensão de todo o trecho que estiver em obras.

No início e final de cada trecho em obra, será utilizado o sistema PARE-SIGA, onde um lado da pista fica interditada para permitir a passagem de veículos em apenas uma mão da via, de forma a organizar o trânsito e propiciar segurança aos usuários da via.

Ao longo do trecho em obras, a velocidade da via será reduzida e proibida a ultrapassagem de veículos.

Serão, ainda, posicionadas placas alertando aos usuários sobre a permanência de homens e máquinas na pista.

4.3.9.1.Sinalização Vertical de Obras

Conforme solicitação da GOINFRA, as quantidades relativas à sinalização vertical de obras serão dimensionadas para atender a duas frentes de serviço.

A sinalização vertical de obras adotada possui as seguintes placas, conforme projeto tipo 3:

Tabela 7 – Listagem Vertical de Sinalização de Obras

CÓDIGO	PISTA	LADO	ESTACA	DIMENSÕES			ÁREA (m²)	SITUAÇÃO	SUPORTE		TIPO DE SUBSTRATO	TIPO DE PELÍCULA
									QUANT.	MATERIAL		
A-24	-	D	-	L	=	0,60	0,72	TEMPORÁRIA	2	MADEIRA	CHAPA DE AÇO	ALTA INTENSIDADE TIPO III
A-24	-	D	-	L	=	0,60	0,72	TEMPORÁRIA	2	MADEIRA	CHAPA DE AÇO	ALTA INTENSIDADE TIPO III
A-24	-	E	-	L	=	0,60	0,72	TEMPORÁRIA	2	MADEIRA	CHAPA DE AÇO	ALTA INTENSIDADE TIPO III
A-24	-	E	-	L	=	0,60	0,72	TEMPORÁRIA	2	MADEIRA	CHAPA DE AÇO	ALTA INTENSIDADE TIPO III
OB-1	-	D	-	1,20	x	0,40	0,96	TEMPORÁRIA	2	MADEIRA	CHAPA DE AÇO	ALTA INTENSIDADE TIPO III
OB-1	-	E	-	1,20	x	0,40	0,96	TEMPORÁRIA	2	MADEIRA	CHAPA DE AÇO	ALTA INTENSIDADE TIPO III
OB-2	-	D	-	1,20	x	0,40	0,96	TEMPORÁRIA	2	MADEIRA	CHAPA DE AÇO	ALTA INTENSIDADE TIPO III
OB-2	-	E	-	1,20	x	0,40	0,96	TEMPORÁRIA	2	MADEIRA	CHAPA DE AÇO	ALTA INTENSIDADE TIPO III
OB-3	-	D	-	1,20	x	0,40	0,96	TEMPORÁRIA	2	MADEIRA	CHAPA DE AÇO	ALTA INTENSIDADE TIPO III
OB-3	-	E	-	1,20	x	0,40	0,96	TEMPORÁRIA	2	MADEIRA	CHAPA DE AÇO	ALTA INTENSIDADE TIPO III
A-15	-	D	-	L	=	0,60	0,72	TEMPORÁRIA	2	MADEIRA	CHAPA DE AÇO	ALTA INTENSIDADE TIPO III
A-15	-	E	-	L	=	0,60	0,72	TEMPORÁRIA	2	MADEIRA	CHAPA DE AÇO	ALTA INTENSIDADE TIPO III
OB-5	-	D	-	1,20	x	0,60	1,44	TEMPORÁRIA	4	MADEIRA	CHAPA DE AÇO	ALTA INTENSIDADE TIPO III
OB-5	-	E	-	1,20	x	0,60	1,44	TEMPORÁRIA	4	MADEIRA	CHAPA DE AÇO	ALTA INTENSIDADE TIPO III
OB-4	-	D	-	1,20	x	0,40	0,96	TEMPORÁRIA	2	MADEIRA	CHAPA DE AÇO	ALTA INTENSIDADE TIPO III
R-7	-	D	-	Ø	=	0,75	0,88	TEMPORÁRIA	2	MADEIRA	CHAPA DE AÇO	ALTA INTENSIDADE TIPO III
R-7	-	E	-	Ø	=	0,75	0,88	TEMPORÁRIA	2	MADEIRA	CHAPA DE AÇO	ALTA INTENSIDADE TIPO III
R-19.3	-	D	-	Ø	=	0,75	0,88	TEMPORÁRIA	2	MADEIRA	CHAPA DE AÇO	ALTA INTENSIDADE TIPO III
R-19.3	-	E	-	Ø	=	0,75	0,88	TEMPORÁRIA	2	MADEIRA	CHAPA DE AÇO	ALTA INTENSIDADE TIPO III
R-19.4	-	D	-	Ø	=	0,75	0,88	TEMPORÁRIA	2	MADEIRA	CHAPA DE AÇO	ALTA INTENSIDADE TIPO III
R-19.4	-	E	-	Ø	=	0,75	0,88	TEMPORÁRIA	2	MADEIRA	CHAPA DE AÇO	ALTA INTENSIDADE TIPO III
R-1	-	D	-	L	=	0,41	1,66	TEMPORÁRIA	2	MADEIRA	CHAPA DE AÇO	ALTA INTENSIDADE TIPO III
A-8	-	E	-	L	=	0,41	1,66	TEMPORÁRIA	2	MADEIRA	CHAPA DE AÇO	ALTA INTENSIDADE TIPO III
R-1	-	D	-	L	=	0,41	1,66	TEMPORÁRIA	2	MADEIRA	CHAPA DE AÇO	ALTA INTENSIDADE TIPO III
A-8	-	E	-	L	=	0,41	1,66	TEMPORÁRIA	2	MADEIRA	CHAPA DE AÇO	ALTA INTENSIDADE TIPO III
											ÁREA TOTAL SINALIZAÇÃO VERTICAL	25,84
											QUANTIDADE TOTAL DE SUPORTES	54

- **Cores**

A sinalização vertical utilizada em obra ou serviço apresenta as seguintes cores:

• Sinais de regulamentação: fundo na cor branca; orla e tarjas na cor vermelha e símbolos na cor preta – exceto sinal R-1 - “Parada Obrigatória” com fundo e orla externa na cor vermelha, legenda e orla interna na cor branca;
• Sinais de advertência: fundo e orla externa na cor laranja; orla interna, legendas e símbolos na cor preta.

- **Dimensões**

Tabela 8 – Sinalização Vertical de Obras

DIMENSÕES			
PLACAS DE REGULAMENTAÇÃO	OCTOGONAIS	R-1	L=0,414
		A-8	L=0,414
	CIRCULARES	REG	Ø=0,75
PLACAS DE ADVERTÊNCIA	QUADRADAS	ADV	L=0,60
PLACAS INDICATIVAS DE OBRAS	RETANGULAR	OB-1	1,20x0,40
	RETANGULAR	OB-2	1,20x0,40
	RETANGULAR	OB-3	1,20x0,40
	RETANGULAR	OB-4	1,20x0,40
	RETANGULAR	OB-5	1,20x0,60

A sinalização especial de advertência e indicativas de obra têm letras e algarismos com a seguinte altura:

- 15,0cm.

- **Materiais**

As placas de sinalização de obras serão confeccionadas como os mesmos materiais e suportes utilizados no projeto de sinalização.

4.4 – PROJETO DE OBRAS COMPLEMENTARES

4.4.1. Introdução

O Projeto de Obras Complementares que foi desenvolvido para o Lote 01, rodovia GO-020 (Próx. Roncador) – Ipameri irá suprir as necessidades do trecho quanto ao aspecto de segurança viária, através de indicação de dispositivos para cada condição específica, observadas as exigências constantes nas normas e especificações vigentes.

4.4.2. Metodologia

Os tipos de dispositivos a serem adotados e suas localizações para implantação/alteração foram definidas com base em criteriosa análise do Projeto Geométrico (planta, perfil e seção transversal) e nas informações obtidas através das observações de campo.

O Projeto de Obras Complementares contempla a indicação, substituição e implantação das cercas de vedação ao longo da faixa de domínio da rodovia. No Item 3 são apresentados o cadastro dos elementos e dispositivos das obras complementares, contendo informações como localização, tipo, dimensões, estado, entre outras.

4.4.3. Quantitativos

Neste item serão apresentados os quantitativos relativos aos serviços de Obras Complementares bem como suas localizações e informações.

QUADRO DE DADOS DE ENTRADA - QDE 15												
PROJETO DE OBRAS COMPLEMENTARES												
CERCA DE VEDAÇÃO DA FAIXA DE DOMÍNIO												
LOCALIZAÇÃO								LADO	EXTENSÃO (m)	SERVIÇO		
ESTACA INICIAL				ESTACA FINAL								
0	+	0		13	+	3		Esquerdo	263,000	Manter		
39	+	2		65	+	8		Esquerdo	526,000	Manter		
77	+	11		93	+	19		Esquerdo	328,000	Manter		
255	+	5		260	+	17		Esquerdo	112,000	Manter		
316	+	4		318	+	0		Esquerdo	36,000	Manter		
341	+	14		370	+	8		Esquerdo	574,000	Manter		
372	+	18		410	+	0		Esquerdo	742,000	Manter		
429	+	14		436	+	0		Esquerdo	126,000	Manter		
483	+	17		507	+	19		Esquerdo	482,000	Manter		
639	+	13		675	+	19		Esquerdo	726,000	Manter		
654	+	16		677	+	1		Esquerdo	445,000	Manter		
743	+	9		789	+	15		Esquerdo	926,000	Manter		
809	+	13		811	+	17		Esquerdo	44,000	Manter		
917	+	11		919	+	5		Esquerdo	34,000	Manter		
996	+	14		999	+	12		Esquerdo	58,000	Manter		
1045	+	7		1083	+	9		Esquerdo	762,000	Manter		
1090	+	1		1097	+	11		Esquerdo	150,000	Manter		
1132	+	8		1160	+	5		Esquerdo	557,000	Manter		
1228	+	14		1229	+	16		Esquerdo	22,000	Manter		
1247	+	9		1269	+	3		Esquerdo	434,000	Manter		
1320	+	12		1355	+	3		Esquerdo	691,000	Manter		
1378	+	17		1385	+	13		Esquerdo	136,000	Manter		
1421	+	12		1452	+	2		Esquerdo	610,000	Manter		
1455	+	1		1482	+	4		Esquerdo	543,000	Manter		
1482	+	16		1497	+	12		Esquerdo	296,000	Manter		
1520	+	4		1531	+	3		Esquerdo	219,000	Manter		
1572	+	11		1586	+	4		Esquerdo	273,000	Manter		
1651	+	0		1657	+	11		Esquerdo	131,000	Manter		
1670	+	3		1682	+	7		Esquerdo	244,000	Manter		
1683	+	5		1721	+	5		Esquerdo	760,000	Manter		
1875	+	12		1878	+	4		Esquerdo	52,000	Manter		
0	+	1		4	+	0		Direito	79,000	Manter		
9	+	4		10	+	8		Direito	24,000	Manter		
126	+	6		127	+	10		Direito	24,000	Manter		
341	+	13		345	+	18		Direito	85,000	Realocar		
350	+	8		350	+	18		Direito	10,000	Realocar		
368	+	12		370	+	14		Direito	42,000	Realocar		
377	+	10		379	+	1		Direito	31,000	Manter		
388	+	18		392	+	15		Direito	77,000	Realocar		
722	+	10		742	+	2		Direito	392,000	Manter		
811	+	6		816	+	0		Direito	94,000	Manter		
922	+	6		927	+	16		Direito	110,000	Realocar		
992	+	6		1060	+	0		Direito	1354,000	Realocar		
1021	+	12		1031	+	0		Direito	188,000	Realocar		
1319	+	6		1334	+	2		Direito	296,000	Realocar		
1397	+	10		1424	+	2		Direito	532,000	Manter		
1430	+	3		1449	+	0		Direito	377,000	Manter		
1458	+	10		1467	+	5		Direito	175,000	Realocar		
1477	+	0		1483	+	0		Direito	120,000	Manter		
1485	+	0		1491	+	1		Direito	121,000	Realocar		
1527	+	0		1534	+	1		Direito	141,000	Manter		
1652	+	14		1654	+	14		Direito	40,000	Manter		
1660	+	10		1661	+	18		Direito	28,000	Manter		
1670	+	0		1675	+	0		Direito	100,000	Manter		
1847	+	0		1851	+	10		Direito	90,000	Manter		
TOTAL				Item 40800 - Cerca de ved. de faixa de domínio em madeira (m) :						0,00		
				Item 40804 - Remoção de cerca (m):						0,00		
				Item 40805 - Remoção e recolocão de cerca (m):						2458,00		

Tabela 1: Cadastro de cercas existentes

4.5 – PROJETO DE CANTEIRO DE OBRAS

4.5 Canteiro de Obras e Instalações

A estaca de acesso para o Canteiro de Obra e Instalações é na estaca 165+0,00 localizado nas coordendas: Latitude: 17°40'16.96"S/ Longitude: 48°10'2.93"O.

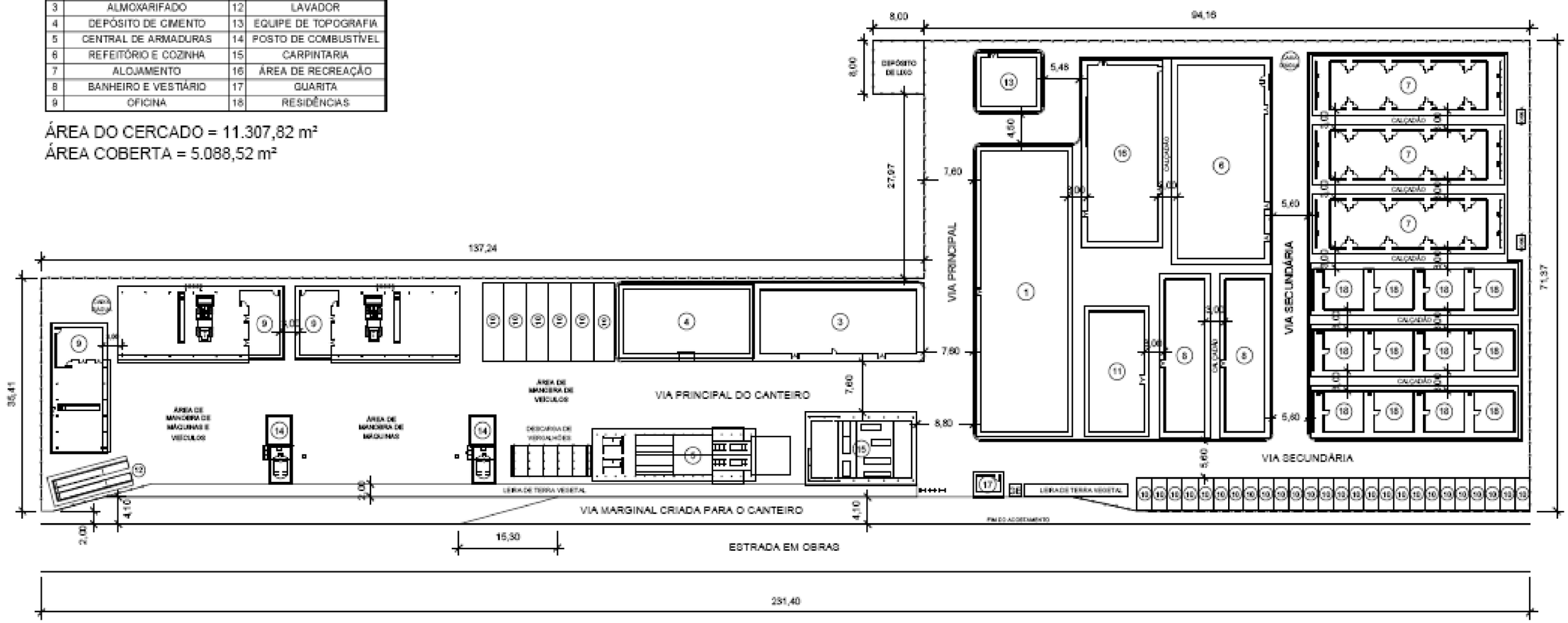
A área e elementos que compõem o canteiro seguiram o modelo de canteiro padrão DNIT.

A Figura a seguir apresenta um croqui sugestivo do layout do canteiro e instalações, com usina de asfalto.

PROJETO TIPO CANTEIRO DE OBRAS

DESENHOS			
1	ESCRITÓRIO E SEÇÃO TÉCNICA	10	GARAGENS
2	-	11	AMBULATÓRIO
3	ALMOXARIFADO	12	LAVADOR
4	DEPÓSITO DE CIMENTO	13	EQUIPE DE TOPOGRAFIA
5	CENTRAL DE ARMADURAS	14	POSTO DE COMBUSTÍVEL
6	REFEITÓRIO E COZINHA	15	CARPINTARIA
7	ALOJAMENTO	16	ÁREA DE RECREAÇÃO
8	BANHEIRO E VESTIÁRIO	17	GUARITA
9	OFICINA	18	RESIDÊNCIAS

ÁREA DO CERCADO = 11.307,82 m²
ÁREA COBERTA = 5.088,52 m²



CANTEIRO DE OBRAS: ESTACA 165+0,00 – COORDENADAS: LATITUDE: 17°40'16.96"
LONGITUDE: 48°10'02.93"

ESCALAS GRÁFICAS:

4
2
20 m 20 40 60 80 100 150 200m

OBSERVAÇÕES:

Elaboração: strata ENGENHARIA		Projeto: MEIO AMBIENTE	AGÊNCIA GOIANA DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES - GOINFRA GERÊNCIA DE PROJETOS DE OBRAS RODOVIÁRIAS
Nº Strata		Revisão: 00	RODOVIA : GO-330 TRECHO : GO-020 (PRÓX. RONCADOR) - IPAMERI EXTENSÃO: 40,00 KM LOTE: 01 — Folha : CO-01
Coord: VALTER	Projetista: MARCELA MAFRA	Desenho: MARCELA MAFRA	
Verif: ERICK	Arquivo: EULER	Data: 01/2025	Escala: — PROJETO EXECUTIVO DE RESTAURAÇÃO PROJETO TIPO DO CANTEIRO DE OBRAS

5 – QUANTITATIVOS

5.1 – QUADRO DE QUANTIDADES

QUADRO DE QUANTIDADES			
Rodovia:	GO - 330	**Tabela Referência:**	**jun/25**
Trecho:	Entr. GO-020 (Próx. Roncador) / Ipameri	**Extensão (km):**	**40,00**
Código	**Descrição**	**Unid.**	**Quant.**
	PAVIMENTAÇÃO		
40625M	RECICLAGEM COM ADIÇÃO DE 2% DE CIMENTO E INCORPORAÇÃO DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO À BASE	m3	48.909,717
40380	IMPRIMAÇÃO	m2	279.484,100
40609	TRATAMENTO SUPERFICIAL DUPLO - TSD (BC)	m2	279.484,100
40602	CONCRETO BETUMINOSO USINADO À QUENTE - CBUQ - FAIXA C	m3	11.179,364
40618	CONCRETO BETUMINOSO USINADO À QUENTE - CBUQ - FAIXA B	m3	24.560,985
40385	PINTURA DE LIGAÇÃO	m2	740.184,960
40145	ESPALHAMENTO DE MATERIAL FRESADO PARA LIMPA-RODAS	m3	195,865
40380M	BANHO DE EAI PARA LIMPA-RODAS	m2	1.958,650
	REMOÇÃO PAVIMENTO EXISTENTE - PAVIMENTAÇÃO		
40425	REMOÇÃO E CARGA DE PAV. ASFÁLTICA (EXCETO TRANSPORTE)	m3	698,914
40145	ESPALHAMENTO DE MATERIAL EM BOTA-FORA	m3	698,914
40430	TRANSPORTE DE PAVIMENTO REMOVIDO	m3km	1.964,525
	TRANSPORTES - PAVIMENTAÇÃO		
40435	TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BETUMINOSO	TKM	25.865,033
40450	TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	TKM	800.631,267
40455	TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m3km	4.726.601,188
40440	TRANSPORTE LOCAL DE MASSA ASFÁLTICA	TKM	1.483.153,659
40530	TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BETUMINOSO	tkm	821.517,080
40449	TRANSPORTE LOCAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm	35.051,735
	FORNECIMENTO DE MATERIAL BETUMINOSO - PAVIMENTAÇÃO		
40495	FORNECIMENTO DE EMULSÃO RR-2C COM POLÍMERO	T	782,555
40510	FORNECIMENTO DE EMULSÃO RR-1C	T	370,092
40485	FORNECIMENTO DE EMULSÃO ASFÁLTICA PARA IMPRIMAÇÃO - EAI	T	365,875
40515	FORNECIMENTO DE CAP-60/85 COM POLÍMERO	T	4.851,878
	REPAROS LOCALIZADOS PROFUNDOS (BASE)		
40466	FRESAGEM DESCONTÍNUA PARA REPARO LOCALIZADO	m3	199,244
40607	ESTABILIZAÇÃO BRITA GRADUADA - BGS - USINA	m3	698,914
40325	TRANSPORTE LOCAL DA MISTURA	m3km	15.004,360
40455	TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m3km	82.038,610
40006	TRANSPORTE DE ENTULHOS	m3km	7.010,114
	TRABALHOS INICIAIS		
40380	IMPRIMAÇÃO COM EAI	m2	3.807,640
40385	PINTURA DE LIGAÇÃO	m2	3.807,640
42400	TAPA BURACO (EXCETO FORN. E TRANSP. MAT.)	m3	172,561
40465	FRESAGEM DESCONTÍNUA À FRIO	m3	172,561
	TRANSPORTES - TRABALHOS INICIAIS		
40435	TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BETUMINOSO	TKM	107,633
40450	TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	TKM	1.457,756
40455	TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m3km	20.427,215
40440	TRANSPORTE LOCAL DE MASSA ASFÁLTICA	TKM	5.949,989
40530	TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BETUMINOSO	tkm	3.798,248
40006	TRANSPORTE DE ENTULHOS	m3km	1.730,792

QUADRO DE QUANTIDADES

Rodovia: GO - 330 **Tabela Referência:** jun/25
Trecho: Entr. GO-020 (Próx. Roncador) / Ipameri **Extensão (km):** 40,00

Código	Descrição	Unid.	Quant.
	FORNECIMENTO DE MATERIAL BETUMINOSO - TRABALHOS INICIAIS		
40510	FORNECIMENTO DE EMULSÃO RR-1C	T	1,713
40485	FORNECIMENTO DE EMULSÃO ASFÁLTICA PARA IMPRIMAÇÃO - EAI	t	4,949
40515	FORNECIMENTO DE CAP-60/85 COM POLÍMERO	T	22,778
	DRENAGEM		
605504	BUEIRO METÁLICO SEM INTERRUPÇÃO DE TRÁFEGO - D = 1,20 M - CHAPA GALVANIZADA - ESCAVADO EM MATERIAL DE 1ª CATEGORIA - ATERRO RODOVIÁRIO MÁXIMO = 9,00 M	m	249,000
605505	BUEIRO METÁLICO SEM INTERRUPÇÃO DE TRÁFEGO - D = 1,40 M - CHAPA GALVANIZADA - ESCAVADO EM MATERIAL DE 1ª CATEGORIA - ATERRO RODOVIÁRIO MÁXIMO = 7,70 M	m	35,000
605506	BUEIRO METÁLICO SEM INTERRUPÇÃO DE TRÁFEGO - D = 1,60 M - CHAPA GALVANIZADA - ESCAVADO EM MATERIAL DE 1ª CATEGORIA - ATERRO RODOVIÁRIO MÁXIMO = 6,70 M	m	81,000
41846	BOCA DE BSTC D=0,60M (AC/BC)	un	11,000
41851	BOCA DE BSTC D=0,80M (AC/BC)	un	2,000
41871	BOCA DE BDTC D=0,80M (AC/BC)	un	1,000
41856	BOCA DE BSTC D=1,00M (AC/BC)	un	3,000
41861	BOCA DE BSTC D=1,20M (AC/BC)	un	18,000
41866MOD1	BOCA DE BSTC D=1,40M (AC/BC)	un	2,000
41866MOD2	BOCA DE BSTC D=1,60M (AC/BC)	un	4,000
45005**	ESCAVAÇÃO MANUAL MAT. 1ª CAT.	m3	543,989
40140	ESTABILIZAÇÃO DE SOLO COM BAIXA CAPACIDADE DE SUPORTE COM RACHÃO	m3	68,069
2003365	TRANSPOSIÇÃO DE SEGMENTOS DE SARJETA - TSS 120 - AREIA E BRITA COMERCIAIS	m	11,000
41330	MEIO FIO COM SARJETA - MFC01	m	6.729,000
41332	MEIO FIO COM SARJETA - MFC03	m	212,000
41334	MEIO FIO SEM SARJETA - MFC05	m	3.231,000
41385	ENTRADA D'ÁGUA - EDA 01 (AC/BC)	un	63,000
41386	ENTRADA D'ÁGUA - EDA 02 (AC/BC)	un	45,000
2003742	CAIXA COLETORA DE TALVEGUE - CCT 08 - AREIA E BRITA COMERCIAIS	un	1,000
2003766	CAIXA COLETORA DE TALVEGUE - CCT 20 - AREIA E BRITA COMERCIAIS	un	1,000
2003453	DISSIPADOR DE ENERGIA - DEB 180-263 - AREIA, BRITA E PEDRA DE MÃO COMERCIAIS	un	5,000
2003457	DISSIPADOR DE ENERGIA - DEB 300-366 - AREIA, BRITA E PEDRA DE MÃO COMERCIAIS	un	8,000
2003463	DISSIPADOR DE ENERGIA - DEB 300-511 - AREIA, BRITA E PEDRA DE MÃO COMERCIAIS	un	2,000
2003459	DISSIPADOR DE ENERGIA - DEB 360-414 - AREIA, BRITA E PEDRA DE MÃO COMERCIAIS	un	11,000
2003461	DISSIPADOR DE ENERGIA - DEB 450-551 - AREIA, BRITA E PEDRA DE MÃO COMERCIAIS	un	4,000
2003467	DISSIPADOR DE ENERGIA - DEB 450-746 - AREIA, BRITA E PEDRA DE MÃO COMERCIAIS	un	1,000
2003393	DESCIDA D'ÁGUA DE ATERROS TIPO RÁPIDO - DAR 60-30 - AREIA E BRITA COMERCIAIS	m	61,000
2003407	DESCIDA D'ÁGUA DE ATERROS EM DEGRAUS - DAD 60-36 - AREIA E BRITA COMERCIAIS	m	400,000
2003179	DISSIPADOR DE ENERGIA - DED 03 A - AREIA, BRITA E PEDRA DE MÃO COMERCIAIS	un	72,000
2003175	DISSIPADOR DE ENERGIA - DED 01 A - AREIA, BRITA E PEDRA DE MÃO COMERCIAIS	un	2,000
42820	DEMOLIÇÃO DE CONCRETO SIMPLES	m3	1.575,070
42825	DEMOLIÇÃO DE CONCRETO ARMADO	m3	17,708
41211	SARJETA TRIANGULAR DE CONCRETO - STC 73-15	m	7.433,000
41208	SARJETA TRIANGULAR DE CONCRETO - STC 80-17	m	803,000
41210	SARJETA TRIANGULAR DE CONCRETO - STC 88-20	m	5.630,000
41203	SARJETA TRIANGULAR DE CONCRETO - STC 100-20	m	466,000
41209	SARJETA TRIANGULAR DE CONCRETO - STC 108-25	m	1.611,000
41202	SARJETA TRIANGULAR DE CONCRETO - STC 125-25	m	757,000
42445	DESOBSTRUÇÃO DE BUEIROS	m3	405,092
42430	LIMPEZA DE SARJETA	m	269,000
42480	CAIAÇÃO (3 DEMÃOS)	m2	20.094,079

QUADRO DE QUANTIDADES			
Rodovia:	GO - 330	**Tabela Referência:**	**jun/25**
Trecho:	Entr. GO-020 (Próx. Roncador) / Ipameri	**Extensão (km):**	**40,00**
Código	**Descrição**	**Unid.**	**Quant.**
	TRANSPORTES DRENAGEM		
40449	TRANSPORTE LOCAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm	644,306
40450	TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	TKM	236.905,796
40445	TRANSPORTE LOCAL DE AGREGADOS	m3km	1.980,067
40455	TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m3km	157.894,613
40451	TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm	380,177
47050	TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm	828,007
40453	TRANSPORTE COMERCIAL DE MADEIRA	tkm	296,349
47049	TRANSPORTE LOCAL DE MADEIRA	tkm	799,202
40436	TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO	m3km	44.963,791
40005	CARGA DE ENTULHOS	m3	1.592,778
40006	TRANSPORTE DE ENTULHOS	m3km	43.642,117
	SINALIZAÇÃO		
	SINALIZAÇÃO HORIZONTAL		
40815	SINALIZAÇÃO HORIZONTAL COM RESINA ACRÍLICA (0,6 mm)	m2	22.273,680
	SINALIZAÇÃO VERTICAL		
40853	SINALIZAÇÃO VERTICAL TOTALMENTE REFLETIVA (TIPO III)	m2	129,530
40856	SINALIZAÇÃO VERTICAL TOTALMENTE REFLETIVA - CHAPA DE ALUMÍNIO	m2	196,850
	DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA		
40830	TACHA REFLETIVA MONODIRECIONAL	Un	411,000
40835	TACHA REFLETIVA BIDIRECIONAL	Un	13.593,000
	DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA		
40810	DEFENSA METÁLICA SEMI-MALEÁVEL SIMPLES	M	196,000
3713873	MÓDULO DE TRANSIÇÃO DE DEFENSA METÁLICA PARA BARREIRA RÍGIDA - FORNECIMENTO E IMPLANTAÇÃO	und	8,000
3713690	TERMINAL DE ANCORAGEM DE DEFENSA METÁLICA PARA BARREIRA NEW JERSEY - FORNECIMENTO E IMPLANTAÇÃO	und	8,000
3713902	TERMINAL ABSORVEDOR DE ENERGIA DE ABERTURA COM NÍVEL DE CONTENÇÃO TL3 PARA DEFENSA METÁLICA - FORNECIMENTO E IMPLANTAÇÃO	und	16,000
	SINALIZAÇÃO TEMPORÁRIA		
40853	SINALIZAÇÃO VERTICAL TOTALMENTE REFLETIVA (TIPO III)	m2	25,840
40816	SINALIZAÇÃO HORIZONTAL COM RESINA ACRÍLICA EMULSIONADA EM ÁGUA (0,3 mm)	m2	5.932,500
	OBRAS COMPLEMENTARES		
40805	REMOÇÃO E RECOLOCAÇÃO DE CERCA	M	2.458,000
	MEIO AMBIENTE		
40870	REVESTIMENTO VEGETAL EM MUDAS	m2	24.110,000
40800	CERCA DE VEDAÇÃO DE FAIXA DE DOMÍNIO EM MADEIRA	M	5.283,368
40895	SEMEADURA MANUAL	m2	2.800,000
	ADMINISTRAÇÃO		
42150	ADMINISTRAÇÃO LOCAL - TIPO C2	un	1,000
	CANTEIRO DE OBRAS		
42250M*	CANTEIRO DE OBRA - TIPO C2 (COM USINA DE SOLOS)	un	1,000

QUADRO DE QUANTIDADES

Rodovia:	GO - 330	**Tabela Referência:**	**jun/25**
Trecho:	Entr. GO-020 (Próx. Roncador) / Ipameri	**Extensão (km):**	**40,00**

Código	Descrição	Unid.	Quant.
	MOBILIZAÇÃO / DESMOBILIZAÇÃO		
42301	MOBILIZAÇÃO / DESMOBILIZAÇÃO - CONFORME DEMONSTRATIVO	un	1,000

NOTA:

***** Conforme o Relatório de Análise de Projeto 908/2025, na página 30 (3.26 – item 103), foi indicada a adoção da faixa C2 para o dimensionamento da Administração Local e do Canteiro de Obras. Entretanto, em função da solução de pavimentação que prevê a execução de Brita Graduada (BGS), constatou-se a necessidade de implantação de uma usina de solos, infraestrutura não contemplada na faixa C2 anteriormente especificada. Diante do exposto, a projetista contatou a equipe de fiscalização que determinou a utilização da faixa C2 acrescida da instalação da usina de solos.

****** Conforme orientação da fiscalização, o material de 1ª categoria proveniente dos serviços de drenagem será disposto em leiras ao longo da faixa lateral da rodovia.

TRANSPORTES DRENAGEM								
CÓDIGO		SERVIÇOS	UND	CONSUMO	DMT LOCAL	DMT COMERCIAL	QUANTIDADE T x KM (L)	QUANTIDADE T x KM (C)
41330		**MEIO FIO COM SARJETA - MFC01**	**m**				**6.729,00**	
10010		CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	0,037310	0,00	241,32	0,00	60.585,56
10081		AREIA - COMERCIAL (AC)	M3	0,060475	0,00	14,02	0,00	5.705,25
10082		BRITA - COMERCIAL (BC)	M3	0,059245	0,00	80,03	0,00	31.904,73
10097		ADITIVO PLASTIFICANTE E RETARDADOR	T	0,000472	0,00	6,30	0,00	19,99
42838		CONCRETO FCK=20 MPA P/ DRENAGEM	M3	0,102500	16,99	0,00	11.718,39	0,00
40436		TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO	m³km					11.718,39
40455		TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m³km					37.609,97
40451		TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					19,99
40450		TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					60.585,56
41332		**MEIO FIO COM SARJETA - MFC03**	**m**				**212,00**	
10010		CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	0,015288	0,00	241,32	0,00	782,13
10081		AREIA - COMERCIAL (AC)	M3	0,024780	0,00	14,02	0,00	73,65
10082		BRITA - COMERCIAL (BC)	M3	0,024276	0,00	80,03	0,00	411,88
10097		ADITIVO PLASTIFICANTE E RETARDADOR	T	0,000193	0,00	6,30	0,00	0,26
42838		CONCRETO FCK=20 MPA P/ DRENAGEM	M3	0,042000	16,99	0,00	151,28	0,00
40436		TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO	m³km					151,28
40455		TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m³km					485,53
40451		TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,26
40450		TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					782,13
41385		**ENTRADA D'ÁGUA - EDA 01 (AC/BC)**	**un**				**63,00**	
10010		CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	0,036520	0,00	241,32	0,00	555,22
10081		AREIA - COMERCIAL (AC)	M3	0,066330	0,00	14,02	0,00	58,59
10082		BRITA - COMERCIAL (BC)	M3	0,062810	0,00	80,03	0,00	316,68
10044		PREGO	T	0,000001	16,99	6,30	0,00	0,00
10048		SARRAFO	T	0,000091	16,99	6,30	0,10	0,04
10097		ADITIVO PLASTIFICANTE E RETARDADOR	T	0,000462	0,00	6,30	0,00	0,18
10025		COMPENSADO RESINADO - 10 mm	T	0,000303	16,99	6,30	0,32	0,12
42836		CONCRETO FCK=15 MPA P/ DRENAGEM	M3	0,110000	16,99	0,00	117,74	0,00
40436		TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO	m³km					117,74
40450		TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					555,22
40455		TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m³km					375,27
40451		TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,18
47050		TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,00
40453		TRANSPORTE COMERCIAL DE MADEIRA	tkm					0,16
47049		TRANSPORTE LOCAL DE MADEIRA	tkm					0,42
41386		**ENTRADA D'ÁGUA - EDA 02 (AC/BC)**	**un**				**45,00**	
10010		CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	0,046480	0,00	241,32	0,00	504,74
10081		AREIA - COMERCIAL (AC)	M3	0,084420	0,00	14,02	0,00	53,26
10082		BRITA - COMERCIAL (BC)	M3	0,079940	0,00	80,03	0,00	287,89
10044		PREGO	T	0,000000	16,99	6,30	0,00	0,00
10048		SARRAFO	T	0,000030	16,99	6,30	0,02	0,01
10097		ADITIVO PLASTIFICANTE E RETARDADOR	T	0,000588	0,00	6,30	0,00	0,17
10025		COMPENSADO RESINADO - 10 mm	T	0,000101	16,99	6,30	0,08	0,03
42836		CONCRETO FCK=15 MPA P/ DRENAGEM	M3	0,140000	16,99	0,00	107,04	0,00
40436		TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO	m³km					107,04
40450		TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					504,74
40455		TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m³km					341,15
40451		TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,17
47050		TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,00
40453		TRANSPORTE COMERCIAL DE MADEIRA	tkm					0,04
47049		TRANSPORTE LOCAL DE MADEIRA	tkm					0,10
40140		**ESTABILIZAÇÃO DE SOLO COM BAIXA CAPACIDADE DE SUPORTE COM RACHÃO**	**m3**				**68,07**	
10034		PEDRA DE MÃO / MARROADA (POSTO PEDREIRA)	M3	1,000000	16,99	80,03	1.156,49	5.447,56
40445		TRANSPORTE LOCAL DE AGREGADOS	m³km					1.156,49
40455		TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m³km					5.447,56
41871		**BOCA DE BDTC D=0,80M (AC/BC)**	**un**				**1,00**	
10010		CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	0,457631	0,00	241,32	0,00	110,44
10081		AREIA - COMERCIAL (AC)	M3	1,014110	0,00	14,02	0,00	14,22
10082		BRITA - COMERCIAL (BC)	M3	1,116587	0,00	80,03	0,00	89,36
10034		PEDRA DE MÃO / MARROADA	M3	1,141420	0,00	80,03	0,00	91,35
10044		PREGO	T	0,000106	16,99	6,30	0,00	0,00
10048		SARRAFO	T	0,013680	16,99	6,30	0,23	0,09
10025		COMPENSADO RESINADO - 10 mm	T	0,045495	16,99	6,30	0,77	0,29
42841		CONCRETO CICLÓPICO FCK=11 MPA P/DRENAGEM	M3	2,170000	16,99	0,00	36,87	0,00
40436		TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO	m³km					36,87
40450		TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					110,44
40455		TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m³km					194,93
40451		TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,00
47050		TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,00
40453		TRANSPORTE COMERCIAL DE MADEIRA	tkm					0,37
47049		TRANSPORTE LOCAL DE MADEIRA	tkm					1,01

TRANSPORTES DRENAGEM								
CÓDIGO		SERVIÇOS	UND	CONSUMO	DMT LOCAL	DMT COMERCIAL	QUANTIDADE T x KM (L)	QUANTIDADE T x KM (C)
41851		**BOCA DE BSTC D=0,80M (AC/BC)**	**un**				**2,00**	
10010		CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	0,319096	0,00	241,32	0,00	154,01
10081		AREIA - COMERCIAL (AC)	M3	0,706007	0,00	14,02	0,00	19,80
10082		BRITA - COMERCIAL (BC)	M3	0,781096	0,00	80,03	0,00	125,02
10034		PEDRA DE MÃO / MARROADA	M3	0,798468	0,00	80,03	0,00	127,80
10044		PREGO	T	0,000079	16,99	6,30	0,00	0,00
10048		SARRAFO	T	0,010184	16,99	6,30	0,35	0,13
10025		COMPENSADO RESINADO - 10 mm	T	0,033869	16,99	6,30	1,15	0,43
42841		CONCRETO CICLÓPICO FCK=11 MPA P/DRENAGEM	M3	1,518000	16,99	0,00	51,58	0,00
40436	TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO		m^3km					51,58
40450	TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER		tkm					154,01
40455	TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS		m^3km					272,62
40451	TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO		tkm					0,00
47050	TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BÁSICO		tkm					0,00
40453	TRANSPORTE COMERCIAL DE MADEIRA		tkm					0,56
47049	TRANSPORTE LOCAL DE MADEIRA		tkm					1,50
41866MOD1		**BOCA DE BSTC D=1,40M (AC/BC)**	**un**				**2,00**	
10010		CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	1,171152	0,00	241,32	0,00	565,24
10081		AREIA - COMERCIAL (AC)	M3	2,547694	0,00	14,02	0,00	71,44
10082		BRITA - COMERCIAL (BC)	M3	2,966038	0,00	80,03	0,00	474,74
10034		PEDRA DE MÃO / MARROADA	M3	3,032004	0,00	80,03	0,00	485,30
10044		PREGO	T	0,000205	16,99	6,30	0,01	0,00
10048		SARRAFO	T	0,029512	16,99	6,30	1,00	0,37
10025		COMPENSADO RESINADO - 10 mm	T	0,087755	16,99	6,30	2,98	1,11
42841		CONCRETO CICLÓPICO FCK=11 MPA P/DRENAGEM	M3	5,764267	16,99	0,00	195,87	0,00
40436	TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO		m^3km					195,87
40450	TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER		tkm					565,24
40455	TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS		m^3km					1.031,48
40451	TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO		tkm					0,00
47050	TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BÁSICO		tkm					0,01
40453	TRANSPORTE COMERCIAL DE MADEIRA		tkm					1,48
47049	TRANSPORTE LOCAL DE MADEIRA		tkm					3,98
605504		**BUEIRO METÁLICO SEM INTERRUPÇÃO DE TRÁFEGO - D = 1,20 M - CHAPA GALVANIZADA - ESCAVADO EM MATERIAL DE 1ª CATEGORIA - ATERRO RODOVIÁRIO MÁXIMO = 9,00 M**	**m**				**249,00**	
M2500		CHAPA METÁLICA CORRUGADA GALVANIZADA PARA TUNNEL LINER	T	0,096000	16,99	6,30	406,13	150,60
10010		CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	0,085766	16,99	241,32	362,83	5.153,57
40449	TRANSPORTE LOCAL DE CIMENTO / CAL / FILLER		tkm					362,83
40450	TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER		tkm					5.153,57
40451	TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO		tkm					150,60
47050	TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BÁSICO		tkm					406,13
41866MOD2		**BOCA DE BSTC D=1,60M (AC/BC)**	**un**				**4,00**	
10010		CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	1,338459	0,00	241,32	0,00	1.291,99
10081		AREIA - COMERCIAL (AC)	M3	2,911650	0,00	14,02	0,00	163,29
10082		BRITA - COMERCIAL (BC)	M3	3,389758	0,00	80,03	0,00	1.085,13
10034		PEDRA DE MÃO / MARROADA	M3	3,465148	0,00	80,03	0,00	1.109,26
10044		PREGO	T	0,000235	16,99	6,30	0,02	0,01
10048		SARRAFO	T	0,033728	16,99	6,30	2,29	0,85
10025		COMPENSADO RESINADO - 10 mm	T	0,100291	16,99	6,30	6,82	2,53
42841		CONCRETO CICLÓPICO FCK=11 MPA P/DRENAGEM	M3	6,587733	16,99	0,00	447,70	0,00
40436	TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO		m^3km					447,70
40450	TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER		tkm					1.291,99
40455	TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS		m^3km					2.357,68
40451	TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO		tkm					0,01
47050	TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BÁSICO		tkm					0,02
40453	TRANSPORTE COMERCIAL DE MADEIRA		tkm					3,38
47049	TRANSPORTE LOCAL DE MADEIRA		tkm					9,11
41334		**MEIO FIO SEM SARJETA - MFC05**	**m**				**3.231,00**	
10010		CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	0,012158	0,00	241,32	0,00	9.479,34
10081		AREIA - COMERCIAL (AC)	M3	0,019706	0,00	14,02	0,00	892,65
10082		BRITA - COMERCIAL (BC)	M3	0,019305	0,00	80,03	0,00	4.991,88
10097		ADITIVO PLASTIFICANTE E RETARDADOR	T	0,000154	0,00	6,30	0,00	3,13
42838		CONCRETO FCK=20 MPA P/ DRENAGEM	M3	0,033400	16,99	0,00	1.833,48	0,00
40436	TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO		m^3km					1.833,48
40450	TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER		tkm					9.479,34
40455	TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS		m^3km					5.884,53
40451	TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO		tkm					3,13

TRANSPORTES DRENAGEM								
CÓDIGO		SERVIÇOS	UND	CONSUMO	DMT LOCAL	DMT COMERCIAL	QUANTIDADE T x KM (L)	QUANTIDADE T x KM (C)
41203		**SARJETA TRIANGULAR DE CONCRETO - STC 100-20**	**m**				**466,00**	
10010		CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	0,034434	0,00	241,32	0,00	3.872,32
10081		AREIA - COMERCIAL (AC)	M3	0,055814	0,00	14,02	0,00	364,65
10082		BRITA - COMERCIAL (BC)	M3	0,054679	0,00	80,03	0,00	2.039,19
10097		ADITIVO PLASTIFICANTE E RETARDADOR	T	0,000435	0,00	6,30	0,00	1,28
10025		COMPENSADO RESINADO - 10 mm	T	0,001321	16,99	6,30	10,46	3,88
42838		CONCRETO FCK=20 MPA P/ DRENAGEM	M3	0,094600	16,99	0,00	748,98	0,00
40436		TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO	m³km					748,98
40450		TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					3.872,32
40455		TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m³km					2.403,84
40451		TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					1,28
40453		TRANSPORTE COMERCIAL DE MADEIRA	tkm					3,88
47049		TRANSPORTE LOCAL DE MADEIRA	tkm					10,46
41202		**SARJETA TRIANGULAR DE CONCRETO - STC 125-25**	**m**				**757,00**	
10010		CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	0,042515	0,00	241,32	0,00	7.766,64
10081		AREIA - COMERCIAL (AC)	M3	0,068912	0,00	14,02	0,00	731,37
10082		BRITA - COMERCIAL (BC)	M3	0,067510	0,00	80,03	0,00	4.089,96
10097		ADITIVO PLASTIFICANTE E RETARDADOR	T	0,000537	0,00	6,30	0,00	2,56
10025		COMPENSADO RESINADO - 10 mm	T	0,001612	16,99	6,30	20,73	7,69
42838		CONCRETO FCK=20 MPA P/ DRENAGEM	M3	0,116800	16,99	0,00	1.502,22	0,00
40436		TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO	m³km					1.502,22
40450		TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					7.766,64
40455		TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m³km					4.821,34
40451		TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					2,56
40453		TRANSPORTE COMERCIAL DE MADEIRA	tkm					7,69
47049		TRANSPORTE LOCAL DE MADEIRA	tkm					20,73
2003175		**DISSIPADOR DE ENERGIA - DED 01 A - AREIA, BRITA E PEDRA DE MÃO COMERCIAIS**	**un**				**2,00**	
10044		PREGO	T	0,000078	16,99	6,30	0,00	0,00
10081		AREIA COMERCIAL (POSTO AREAL)	M3	0,374768	0,00	14,02	0,00	10,51
10010		CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	0,231213	0,00	241,32	0,00	111,59
10034		PEDRA DE MÃO / MARROADA (POSTO PEDREIRA)	M3	0,184200	16,99	80,03	6,26	29,48
10082		BRITA COMERCIAL (POSTO PEDREIRA)	M3	0,367146	0,00	80,03	0,00	58,77
10097		ADITIVO PLASTIFICANTE E RETARDADOR	T	0,002922	0,00	6,30	0,00	0,04
M1429		Tábua de pinho de terceira - E = 2,5 cm	T	0,039193	16,99	6,30	1,33	0,49
M0290		Tábua - E = 2,5 cm e L = 10 cm	T	0,011785	16,99	6,30	0,40	0,15
11016		DESMOLDANTE P/ FORMA	T	0,000078	16,99	6,30	0,00	0,00
42838		CONCRETO FCK=20 MPA P/ DRENAGEM	M3	0,635200	16,99	0,00	21,58	0,00
40436		TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO	m³km					21,58
40450		TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					111,59
40445		TRANSPORTE LOCAL DE AGREGADOS	m³km					6,26
40455		TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m³km					98,76
40451		TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,04
47050		TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,01
40453		TRANSPORTE COMERCIAL DE MADEIRA	tkm					0,64
47049		TRANSPORTE LOCAL DE MADEIRA	tkm					1,73
41208		**SARJETA TRIANGULAR DE CONCRETO - STC 80-17**	**m**				**803,00**	
10010		CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	0,028610	0,00	241,32	0,00	5.544,12
10081		AREIA - COMERCIAL (AC)	M3	0,046374	0,00	14,02	0,00	522,08
10082		BRITA - COMERCIAL (BC)	M3	0,045431	0,00	80,03	0,00	2.919,57
10097		ADITIVO PLASTIFICANTE E RETARDADOR	T	0,000362	0,00	6,30	0,00	1,83
10025		COMPENSADO RESINADO - 10 mm	T	0,001108	16,99	6,30	15,12	5,61
42838		CONCRETO FCK=20 MPA P/ DRENAGEM	M3	0,078600	16,99	0,00	1.072,34	0,00
40436		TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO	m³km					1.072,34
40450		TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					5.544,12
40455		TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m³km					3.441,65
40451		TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					1,83
40453		TRANSPORTE COMERCIAL DE MADEIRA	tkm					5,61
47049		TRANSPORTE LOCAL DE MADEIRA	tkm					15,12
41210		**SARJETA TRIANGULAR DE CONCRETO - STC 88-20**	**m**				**5.630,00**	
10010		CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	0,032505	0,00	241,32	0,00	44.162,59
10081		AREIA - COMERCIAL (AC)	M3	0,052687	0,00	14,02	0,00	4.158,72
10082		BRITA - COMERCIAL (BC)	M3	0,051615	0,00	80,03	0,00	23.256,29
10097		ADITIVO PLASTIFICANTE E RETARDADOR	T	0,000411	0,00	6,30	0,00	14,57
10025		COMPENSADO RESINADO - 10 mm	T	0,001251	16,99	6,30	119,70	44,39
42838		CONCRETO FCK=20 MPA P/ DRENAGEM	M3	0,089300	16,99	0,00	8.541,88	0,00
40436		TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO	m³km					8.541,88
40450		TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					44.162,59
40455		TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m³km					27.415,02
40451		TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					14,57
40453		TRANSPORTE COMERCIAL DE MADEIRA	tkm					44,39
47049		TRANSPORTE LOCAL DE MADEIRA	tkm					119,70

TRANSPORTES DRENAGEM								
CÓDIGO	SERVIÇOS	UND	CONSUMO	DMT LOCAL	DMT COMERCIAL	QUANTIDADE T x KM (L)	QUANTIDADE T x KM (C)
605505	**BUEIRO METÁLICO SEM INTERRUPÇÃO DE TRÁFEGO - D = 1,40 M - CHAPA GALVANIZADA - ESCAVADO EM MATERIAL DE 1ª CATEGORIA - ATERRO RODOVIÁRIO MÁXIMO = 7,70 M**	**m**				**35,00**	
M2500	CHAPA METÁLICA CORRUGADA GALVANIZADA PARA TUNNEL LINER	T	0,109000	16,99	6,30	64,82	24,03
10010	CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	0,098960	16,99	241,32	58,85	835,84
40451	TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					24,03
47050	TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					64,82
40449	TRANSPORTE LOCAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					58,85
40450	TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					835,84
2003365	**TRANSPOSIÇÃO DE SEGMENTOS DE SARJETA - TSS 120 - AREIA E BRITA COMERCIAIS**	**m**				**11,00**	
M0075	ARAME LISO RECOZIDO EM AÇO-CARBONO - D = 1,24 MM (18	T	0,000489	16,99	6,30	0,09	0,03
10069	AÇO CA - 50	T	0,026900	16,99	6,30	5,03	1,86
10044	PREGO	T	0,000063	16,99	6,30	0,01	0,00
10081	AREIA COMERCIAL (POSTO AREAL)	M3	0,594581	0,00	14,02	0,00	91,70
10010	CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	0,373904	0,00	241,32	0,00	992,53
10082	BRITA COMERCIAL (POSTO PEDREIRA)	M3	0,585940	0,00	80,03	0,00	515,82
10097	ADITIVO PLASTIFICANTE E RETARDADOR PARA	T	0,004721	0,00	6,30	0,00	0,33
M1429	TÁBUA DE PINHO DE TERCEIRA - E = 2,5 CM	T	0,032004	16,99	6,30	5,98	2,22
M0290	TÁBUA - E = 2,5 CM E L = 10 CM	T	0,009623	16,99	6,30	1,80	0,67
11016	DESMOLDANTE P/ FORMA	T	0,000063	16,99	6,30	0,01	0,00
42838	CONCRETO FCK=20 MPA P/ DRENAGEM	M3	0,757900	16,99	0,00	141,64	0,00
45165	CONCRETO FCK=25 MPA	M3	0,252000	16,99	0,00	47,10	0,00
40436	TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO	m³km					188,74
40450	TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					992,53
40455	TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m³km					607,52
40451	TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					2,23
47050	TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					5,14
40453	TRANSPORTE COMERCIAL DE MADEIRA	tkm					2,88
47049	TRANSPORTE LOCAL DE MADEIRA	tkm					7,78
41846	**BOCA DE BSTC D=0,60M (AC/BC)**	**un**				**11,00**	
10010	CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	0,302670	0,00	241,32	0,00	803,44
10081	AREIA - COMERCIAL (AC)	M3	0,662865	0,00	14,02	0,00	102,23
10082	BRITA - COMERCIAL (BC)	M3	0,756397	0,00	80,03	0,00	665,88
10034	PEDRA DE MÃO / MARROADA	M3	0,773220	0,00	80,03	0,00	680,69
10044	PREGO	T	0,000055	16,99	6,30	0,01	0,00
10048	SARRAFO	T	0,007114	16,99	6,30	1,33	0,49
10025	COMPENSADO RESINADO - 10 mm	T	0,023657	16,99	6,30	4,42	1,64
42841	CONCRETO CICLÓPICO FCK=11 MPA P/DRENAGEM	M3	1,470000	16,99	0,00	274,73	0,00
40436	TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO	m³km					274,73
40455	TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m³km					1.448,80
40451	TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,00
47050	TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,01
40450	TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					803,44
40453	TRANSPORTE COMERCIAL DE MADEIRA	tkm					2,13
47049	TRANSPORTE LOCAL DE MADEIRA	tkm					5,75
41856	**BOCA DE BSTC D=1,00M (AC/BC)**	**un**				**3,00**	
10010	CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	0,468340	0,00	241,32	0,00	339,06
10081	AREIA - COMERCIAL (AC)	M3	1,024931	0,00	14,02	0,00	43,11
10082	BRITA - COMERCIAL (BC)	M3	1,172159	0,00	80,03	0,00	281,42
10034	PEDRA DE MÃO / MARROADA	M3	1,198228	0,00	80,03	0,00	287,68
10044	PREGO	T	0,000109	16,99	6,30	0,01	0,00
10048	SARRAFO	T	0,015708	16,99	6,30	0,80	0,30
10025	COMPENSADO RESINADO - 10 mm	T	0,046708	16,99	6,30	2,38	0,88
42841	CONCRETO CICLÓPICO FCK=11 MPA P/DRENAGEM	M3	2,278000	16,99	0,00	116,11	0,00
40436	TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO	m³km					116,11
40455	TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m³km					612,21
40451	TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,00
47050	TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,01
40450	TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					339,06
40453	TRANSPORTE COMERCIAL DE MADEIRA	tkm					1,18
47049	TRANSPORTE LOCAL DE MADEIRA	tkm					3,18
41861	**BOCA DE BSTC D=1,20M (AC/BC)**	**un**				**18,00**	
10010	CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	0,639046	0,00	241,32	0,00	2.775,86
10081	AREIA - COMERCIAL (AC)	M3	1,405800	0,00	14,02	0,00	354,77
10082	BRITA - COMERCIAL (BC)	M3	1,582774	0,00	80,03	0,00	2.280,05
10034	PEDRA DE MÃO / MARROADA	M3	1,617976	0,00	80,03	0,00	2.330,76
10044	PREGO	T	0,000138	16,99	6,30	0,04	0,02
10048	SARRAFO	T	0,019788	16,99	6,30	6,05	2,24
10025	COMPENSADO RESINADO - 10 mm	T	0,058840	16,99	6,30	17,99	6,67
42841	CONCRETO CICLÓPICO FCK=11 MPA P/DRENAGEM	M3	3,076000	16,99	0,00	940,70	0,00
40436	TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO	m³km					940,70
40455	TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m³km					4.965,58
40451	TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,02
47050	TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,04
40450	TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					2.775,86
40453	TRANSPORTE COMERCIAL DE MADEIRA	tkm					8,92
47049	TRANSPORTE LOCAL DE MADEIRA	tkm					24,05

TRANSPORTES DRENAGEM								
CÓDIGO	SERVIÇOS	UND	CONSUMO	DMT LOCAL	DMT COMERCIAL	QUANTIDADE T x KM (L)	QUANTIDADE T x KM (C)
42480	**CAIAÇÃO (3 DEMÃOS)**	**m2**				**20.094,08**	
10009	CAL PARA PINTURA	T	0,000200	16,99	241,32	68,28	969,82
40449	TRANSPORTE LOCAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					68,28
40450	TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					969,82
41209	**SARJETA TRIANGULAR DE CONCRETO - STC 108-25**	**m**				**1.611,00**	
10010	CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	0,039931	0,00	241,32	0,00	15.523,76
10081	AREIA - COMERCIAL (AC)	M3	0,064723	0,00	14,02	0,00	1.461,85
10082	BRITA - COMERCIAL (BC)	M3	0,063407	0,00	80,03	0,00	8.174,91
10097	ADITIVO PLASTIFICANTE E RETARDADOR	T	0,000505	0,00	6,30	0,00	5,12
10025	COMPENSADO RESINADO - 10 mm	T	0,001521	16,99	6,30	41,64	15,44
42838	CONCRETO FCK=20 MPA P/ DRENAGEM	M3	0,109700	16,99	0,00	3.002,59	0,00
40436	TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO	m³km					3.002,59
40455	TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m³km					9.636,75
40451	TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					5,12
40450	TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					15.523,76
40453	TRANSPORTE COMERCIAL DE MADEIRA	tkm					15,44
47049	TRANSPORTE LOCAL DE MADEIRA	tkm					41,64
41211	**SARJETA TRIANGULAR DE CONCRETO - STC 73-15**	**m**				**7.433,00**	
10010	CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	0,026499	0,00	241,32	0,00	47.532,45
10081	AREIA - COMERCIAL (AC)	M3	0,042952	0,00	14,02	0,00	4.476,06
10082	BRITA - COMERCIAL (BC)	M3	0,042078	0,00	80,03	0,00	25.030,88
10097	ADITIVO PLASTIFICANTE E RETARDADOR	T	0,000335	0,00	6,30	0,00	15,68
10025	COMPENSADO RESINADO - 10 mm	T	0,001033	16,99	6,30	130,48	48,38
42838	CONCRETO FCK=20 MPA P/ DRENAGEM	M3	0,072800	16,99	0,00	9.193,67	0,00
40436	TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO	m³km					9.193,67
40455	TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m³km					29.506,94
40451	TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					15,68
40450	TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					47.532,45
40453	TRANSPORTE COMERCIAL DE MADEIRA	tkm					48,38
47049	TRANSPORTE LOCAL DE MADEIRA	tkm					130,48
605506	**BUEIRO METÁLICO SEM INTERRUPÇÃO DE TRÁFEGO - D = 1,60 M - CHAPA GALVANIZADA - ESCAVADO EM MATERIAL DE 1ª CATEGORIA - ATERRO RODOVIÁRIO MÁXIMO = 6,70 M**	**m**				**81,00**	
M2500	CHAPA METÁLICA CORRUGADA GALVANIZADA PARA TUNNEL LINER	T	0,129000	16,99	6,30	177,53	65,83
10010	CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	0,112155	16,99	241,32	154,35	2.192,28
40451	TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					65,83
47050	TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					177,53
40449	TRANSPORTE LOCAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					154,35
40450	TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					2.192,28
2003179	**DISSIPADOR DE ENERGIA - DED 03 A - AREIA, BRITA E PEDRA DE MÃO COMERCIAIS**	**un**				**72,00**	
10044	PREGO	T	0,000078	16,99	6,30	0,10	0,04
10081	AREIA COMERCIAL (POSTO AREAL)	M3	0,372880	0,00	14,02	0,00	376,40
10010	CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	0,230048	0,00	241,32	0,00	3.997,09
10034	PEDRA DE MÃO / MARROADA (POSTO PEDREIRA)	M3	0,184200	16,99	80,03	225,33	1.061,39
10082	BRITA COMERCIAL (POSTO PEDREIRA)	M3	0,365296	0,00	80,03	0,00	2.104,89
10097	ADITIVO PLASTIFICANTE E RETARDADOR	T	0,002907	0,00	6,30	0,00	1,32
M1429	Tábua de pinho de terceira - E = 2,5 cm	T	0,039193	16,99	6,30	47,94	17,78
M0290	Tábua - E = 2,5 cm e L = 10 cm	T	0,011785	16,99	6,30	14,42	5,35
11016	DESMOLDANTE P/ FORMA	T	0,000078	16,99	6,30	0,10	0,04
42838	CONCRETO FCK=20 MPA P/ DRENAGEM	M3	0,632000	16,99	0,00	773,11	0,00
40436	TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO	m³km					773,11
40450	TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					3.997,09
40445	TRANSPORTE LOCAL DE AGREGADOS	m³km					225,33
40455	TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m³km					3.542,68
40451	TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					1,39
47050	TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,19
40453	TRANSPORTE COMERCIAL DE MADEIRA	tkm					23,12
47049	TRANSPORTE LOCAL DE MADEIRA	tkm					62,36

TRANSPORTES DRENAGEM								
CÓDIGO		SERVIÇOS	UND	CONSUMO	DMT LOCAL	DMT COMERCIAL	QUANTIDADE T x KM (L)	QUANTIDADE T x KM (C)
2003393		**DESCIDA D'ÁGUA DE ATERROS TIPO RÁPIDO - DAR 60-30 - AREIA E BRITA COMERCIAIS**	**m**				**61,00**	
M0075		Arame liso recozido em aço-carbono - D = 1,24 mm	T	0,000231	16,99	6,30	0,24	0,09
10069		AÇO CA - 50	T	0,012719	16,99	6,30	13,18	4,89
10044		PREGO	T	0,000029	16,99	6,30	0,03	0,01
10081		AREIA COMERCIAL (POSTO AREAL)	M3	0,112159	0,00	14,02	0,00	95,92
10010		CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	0,069196	0,00	241,32	0,00	1.018,61
10082		BRITA COMERCIAL (POSTO PEDREIRA)	M3	0,109878	0,00	80,03	0,00	536,40
10097		ADITIVO PLASTIFICANTE E RETARDADOR	T	0,000874	0,00	6,30	0,00	0,34
M1429		Tábua de pinho de terceira - E = 2,5 cm	T	0,014558	16,99	6,30	15,09	5,59
M0290		Tábua - E = 2,5 cm e L = 10 cm	T	0,004378	16,99	6,30	4,54	1,68
11016		DESMOLDANTE P/ FORMA	T	0,000029	16,99	6,30	0,03	0,01
42838		CONCRETO FCK=20 MPA P/ DRENAGEM	M3	0,190100	16,99	0,00	197,02	0,00
40436		TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO	m³km					197,02
40450		TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					1.018,61
40455		TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m³km					632,33
40451		TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					5,34
47050		TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					13,48
40453		TRANSPORTE COMERCIAL DE MADEIRA	tkm					7,28
47049		TRANSPORTE LOCAL DE MADEIRA	tkm					19,63
2003407		**DESCIDA D'ÁGUA DE ATERROS EM DEGRAUS - DAD 60-36 - AREIA E BRITA COMERCIAIS**	**m**				**400,00**	
M0075		Arame liso recozido em aço-carbono - D = 1,24 mm	T	0,000420	16,99	6,30	2,85	1,06
10069		AÇO CA - 50	T	0,023073	16,99	6,30	156,80	58,14
10044		PREGO	T	0,000057	16,99	6,30	0,39	0,14
10081		AREIA COMERCIAL (POSTO AREAL)	M3	0,192222	0,00	14,02	0,00	1.077,98
10010		CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	0,118591	0,00	241,32	0,00	11.447,37
10082		BRITA COMERCIAL (POSTO PEDREIRA)	M3	0,188312	0,00	80,03	0,00	6.028,26
10097		ADITIVO PLASTIFICANTE E RETARDADOR	T	0,001499	0,00	6,30	0,00	3,78
M1429		Tábua de pinho de terceira - E = 2,5 cm	T	0,029064	16,99	6,30	197,52	73,24
M0290		Tábua - E = 2,5 cm e L = 10 cm	T	0,008739	16,99	6,30	59,39	22,02
11016		DESMOLDANTE P/ FORMA	T	0,000057	16,99	6,30	0,39	0,14
42838		CONCRETO FCK=20 MPA P/ DRENAGEM	M3	0,325800	16,99	0,00	2.214,14	0,00
40436		TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO	m³km					2.214,14
40450		TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					11.447,37
40455		TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m³km					7.106,24
40451		TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					63,27
47050		TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					160,43
40453		TRANSPORTE COMERCIAL DE MADEIRA	tkm					95,26
47049		TRANSPORTE LOCAL DE MADEIRA	tkm					256,91
2003453		**DISSIPADOR DE ENERGIA - DEB 180-263 - AREIA, BRITA E PEDRA DE MÃO COMERCIAIS**	**un**				**5,00**	
10044		PREGO	T	0,000087	16,99	6,30	0,01	0,00
10081		AREIA COMERCIAL (POSTO AREAL)	M3	0,589351	0,00	14,02	0,00	41,31
10010		CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	0,363600	0,00	241,32	0,00	438,72
10034		PEDRA DE MÃO / MARROADA (POSTO PEDREIRA)	M3	0,374800	16,99	80,03	31,84	149,98
10082		BRITA COMERCIAL (POSTO PEDREIRA)	M3	0,577364	0,00	80,03	0,00	231,03
10097		ADITIVO PLASTIFICANTE E RETARDADOR	T	0,004595	0,00	6,30	0,00	0,14
M1429		Tábua de pinho de terceira - E = 2,5 cm	T	0,044160	16,99	6,30	3,75	1,39
M0290		Tábua - E = 2,5 cm e L = 10 cm	T	0,013279	16,99	6,30	1,13	0,42
11016		DESMOLDANTE P/ FORMA	T	0,000087	16,99	6,30	0,01	0,00
42838		CONCRETO FCK=20 MPA P/ DRENAGEM	M3	0,998900	16,99	0,00	84,86	0,00
40436		TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO	m³km					84,86
40450		TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					438,72
40445		TRANSPORTE LOCAL DE AGREGADOS	m³km					31,84
40455		TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m³km					422,32
40451		TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,15
47050		TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,01
40453		TRANSPORTE COMERCIAL DE MADEIRA	tkm					1,81
47049		TRANSPORTE LOCAL DE MADEIRA	tkm					4,88
2003457		**DISSIPADOR DE ENERGIA - DEB 300-366 - AREIA, BRITA E PEDRA DE MÃO COMERCIAIS**	**un**				**8,00**	
10044		PREGO	T	0,000129	16,99	6,30	0,02	0,01
10081		AREIA COMERCIAL (POSTO AREAL)	M3	1,247260	0,00	14,02	0,00	139,89
10010		CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	0,769496	0,00	241,32	0,00	1.485,56
10034		PEDRA DE MÃO / MARROADA (POSTO PEDREIRA)	M3	0,868100	16,99	80,03	117,99	555,79
10082		BRITA COMERCIAL (POSTO PEDREIRA)	M3	1,221892	0,00	80,03	0,00	782,30
10097		ADITIVO PLASTIFICANTE E RETARDADOR	T	0,009724	0,00	6,30	0,00	0,49
M1429		Tábua de pinho de terceira - E = 2,5 cm	T	0,064985	16,99	6,30	8,83	3,28
M0290		Tábua - E = 2,5 cm e L = 10 cm	T	0,019541	16,99	6,30	2,66	0,98
11016		DESMOLDANTE P/ FORMA	T	0,000129	16,99	6,30	0,02	0,01
42838		CONCRETO FCK=20 MPA P/ DRENAGEM	M3	2,114000	16,99	0,00	287,33	0,00
40436		TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO	m³km					287,33
40450		TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					1.485,56
40445		TRANSPORTE LOCAL DE AGREGADOS	m³km					117,99
40455		TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m³km					1.477,99
40451		TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,50
47050		TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,04
40453		TRANSPORTE COMERCIAL DE MADEIRA	tkm					4,26
47049		TRANSPORTE LOCAL DE MADEIRA	tkm					11,49

TRANSPORTES DRENAGEM								
CÓDIGO	SERVIÇOS	UND	CONSUMO	DMT LOCAL	DMT COMERCIAL	QUANTIDADE T x KM (L)	QUANTIDADE T x KM (C)
2003459	**DISSIPADOR DE ENERGIA - DEB 360-414 - AREIA, BRITA E PEDRA DE MÃO COMERCIAIS**	**un**				**11,00**	
10044	PREGO	T	0,000149	16,99	6,30	0,03	0,01
10081	AREIA COMERCIAL (POSTO AREAL)	M3	1,648224	0,00	14,02	0,00	254,19
10010	CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	1,016870	0,00	241,32	0,00	2.699,30
10034	PEDRA DE MÃO / MARROADA (POSTO PEDREIRA)	M3	1,181500	16,99	80,03	220,81	1.040,11
10082	BRITA COMERCIAL (POSTO PEDREIRA)	M3	1,614701	0,00	80,03	0,00	1.421,47
10097	ADITIVO PLASTIFICANTE E RETARDADOR	T	0,012851	0,00	6,30	0,00	0,89
M1429	Tábua de pinho de terceira - E = 2,5 cm	T	0,075145	16,99	6,30	14,04	5,21
M0290	Tábua - E = 2,5 cm e L = 10 cm	T	0,022595	16,99	6,30	4,22	1,57
11016	DESMOLDANTE P/ FORMA	T	0,000149	16,99	6,30	0,03	0,01
42838	CONCRETO FCK=20 MPA P/ DRENAGEM	M3	2,793600	16,99	0,00	522,10	0,00
40436	TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO	m³km					522,10
40450	TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					2.699,30
40445	TRANSPORTE LOCAL DE AGREGADOS	m³km					220,81
40455	TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m³km					2.715,77
40451	TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,91
47050	TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,06
40453	TRANSPORTE COMERCIAL DE MADEIRA	tkm					6,77
47049	TRANSPORTE LOCAL DE MADEIRA	tkm					18,27
2003461	**DISSIPADOR DE ENERGIA - DEB 450-551 - AREIA, BRITA E PEDRA DE MÃO COMERCIAIS**	**un**				**4,00**	
10044	PREGO	T	0,000187	16,99	6,30	0,01	0,00
10081	AREIA COMERCIAL (POSTO AREAL)	M3	2,638008	0,00	14,02	0,00	147,94
10010	CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	1,627517	0,00	241,32	0,00	1.571,01
10034	PEDRA DE MÃO / MARROADA (POSTO PEDREIRA)	M3	1,978700	16,99	80,03	134,47	633,42
10082	BRITA COMERCIAL (POSTO PEDREIRA)	M3	2,584354	0,00	80,03	0,00	827,30
10097	ADITIVO PLASTIFICANTE E RETARDADOR	T	0,020568	0,00	6,30	0,00	0,52
M1429	Tábua de pinho de terceira - E = 2,5 cm	T	0,094387	16,99	6,30	6,41	2,38
M0290	Tábua - E = 2,5 cm e L = 10 cm	T	0,028381	16,99	6,30	1,93	0,72
11016	DESMOLDANTE P/ FORMA	T	0,000187	16,99	6,30	0,01	0,00
42838	CONCRETO FCK=20 MPA P/ DRENAGEM	M3	4,471200	16,99	0,00	303,86	0,00
40436	TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO	m³km					303,86
40450	TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					1.571,01
40445	TRANSPORTE LOCAL DE AGREGADOS	m³km					134,47
40455	TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m³km					1.608,66
40451	TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,53
47050	TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,03
40453	TRANSPORTE COMERCIAL DE MADEIRA	tkm					3,09
47049	TRANSPORTE LOCAL DE MADEIRA	tkm					8,34
2003463	**DISSIPADOR DE ENERGIA - DEB 300-511 - AREIA, BRITA E PEDRA DE MÃO COMERCIAIS**	**un**				**2,00**	
10044	PREGO	T	0,000146	16,99	6,30	0,00	0,00
10081	AREIA COMERCIAL (POSTO AREAL)	M3	1,683624	0,00	14,02	0,00	47,21
10010	CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	1,038710	0,00	241,32	0,00	501,32
10034	PEDRA DE MÃO / MARROADA (POSTO PEDREIRA)	M3	1,219300	16,99	80,03	41,43	195,16
10082	BRITA COMERCIAL (POSTO PEDREIRA)	M3	1,649381	0,00	80,03	0,00	264,00
10097	ADITIVO PLASTIFICANTE E RETARDADOR	T	0,013127	0,00	6,30	0,00	0,17
M1429	Tábua de pinho de terceira - E = 2,5 cm	T	0,073781	16,99	6,30	2,51	0,93
M0290	Tábua - E = 2,5 cm e L = 10 cm	T	0,022185	16,99	6,30	0,75	0,28
11016	DESMOLDANTE P/ FORMA	T	0,000146	16,99	6,30	0,00	0,00
42838	CONCRETO FCK=20 MPA P/ DRENAGEM	M3	2,853600	16,99	0,00	96,97	0,00
40436	TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO	m³km					96,97
40450	TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					501,32
40445	TRANSPORTE LOCAL DE AGREGADOS	m³km					41,43
40455	TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m³km					506,37
40451	TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,17
47050	TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,01
40453	TRANSPORTE COMERCIAL DE MADEIRA	tkm					1,21
47049	TRANSPORTE LOCAL DE MADEIRA	tkm					3,26
2003467	**DISSIPADOR DE ENERGIA - DEB 450-746 - AREIA, BRITA E PEDRA DE MÃO COMERCIAIS**	**un**				**1,00**	
10044	PREGO	T	0,000210	16,99	6,30	0,00	0,00
10081	AREIA COMERCIAL (POSTO AREAL)	M3	3,500883	0,00	14,02	0,00	49,08
10010	CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	2,159867	0,00	241,32	0,00	521,22
10034	PEDRA DE MÃO / MARROADA (POSTO PEDREIRA)	M3	2,674600	16,99	80,03	45,44	214,05
10082	BRITA COMERCIAL (POSTO PEDREIRA)	M3	3,429679	0,00	80,03	0,00	274,48
10097	ADITIVO PLASTIFICANTE E RETARDADOR	T	0,027295	0,00	6,30	0,00	0,17
M1429	Tábua de pinho de terceira - E = 2,5 cm	T	0,106216	16,99	6,30	1,80	0,67
M0290	Tábua - E = 2,5 cm e L = 10 cm	T	0,031938	16,99	6,30	0,54	0,20
11016	DESMOLDANTE P/ FORMA	T	0,000210	16,99	6,30	0,00	0,00
42838	CONCRETO FCK=20 MPA P/ DRENAGEM	M3	5,933700	16,99	0,00	100,81	0,00
40436	TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO	m³km					100,81
40450	TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					521,22
40445	TRANSPORTE LOCAL DE AGREGADOS	m³km					45,44
40455	TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m³km					537,61
40451	TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,17
47050	TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,01
40453	TRANSPORTE COMERCIAL DE MADEIRA	tkm					0,87
47049	TRANSPORTE LOCAL DE MADEIRA	tkm					2,35

TRANSPORTES DRENAGEM							
CÓDIGO	SERVIÇOS	UND	CONSUMO	DMT LOCAL	DMT COMERCIAL	QUANTIDADE T x KM (L)	QUANTIDADE T x KM (C)
2003742	**CAIXA COLETORA DE TALVEGUE - CCT 08 - AREIA E BRITA COMERCIAIS**	**un**				**1,00**	
10044	PREGO	T	0,000512	16,99	6,30	0,01	0,00
10081	AREIA COMERCIAL (POSTO AREAL)	M3	1,716900	0,00	14,02	0,00	24,07
10010	CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	1,059240	0,00	241,32	0,00	255,62
10082	BRITA COMERCIAL (POSTO PEDREIRA)	M3	1,681980	0,00	80,03	0,00	134,61
10097	ADITIVO PLASTIFICANTE E RETARDADOR	T	0,013386	0,00	6,30	0,00	0,08
M1429	Tábua de pinho de terceira - E = 2,5 cm	T	0,258816	16,99	6,30	4,40	1,63
M0290	Tábua - E = 2,5 cm e L = 10 cm	T	0,077824	16,99	6,30	1,32	0,49
11016	DESMOLDANTE P/ FORMA	T	0,000512	16,99	6,30	0,01	0,00
42838	CONCRETO FCK=20 MPA P/ DRENAGEM	M3	2,910000	16,99	0,00	49,44	0,00
40436	TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO	m³km					49,44
40450	TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					255,62
40455	TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m³km					158,68
40451	TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,09
47050	TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,02
40453	TRANSPORTE COMERCIAL DE MADEIRA	tkm					2,12
47049	TRANSPORTE LOCAL DE MADEIRA	tkm					5,72
2003766	**CAIXA COLETORA DE TALVEGUE - CCT 20 - AREIA E BRITA COMERCIAIS**	**un**				**1,00**	
10044	PREGO	T	0,000830	16,99	6,30	0,01	0,01
10081	AREIA COMERCIAL (POSTO AREAL)	M3	2,454400	0,00	14,02	0,00	34,41
10010	CIMENTO PORTLAND CP II - 32	T	1,514240	0,00	241,32	0,00	365,42
10082	BRITA COMERCIAL (POSTO PEDREIRA)	M3	2,404480	0,00	80,03	0,00	192,43
10097	ADITIVO PLASTIFICANTE E RETARDADOR	T	0,019136	0,00	6,30	0,00	0,12
M1429	Tábua de pinho de terceira - E = 2,5 cm	T	0,419565	16,99	6,30	7,13	2,64
M0290	Tábua - E = 2,5 cm e L = 10 cm	T	0,126160	16,99	6,30	2,14	0,79
11016	DESMOLDANTE P/ FORMA	T	0,000830	16,99	6,30	0,01	0,01
42838	CONCRETO FCK=20 MPA P/ DRENAGEM	M3	4,160000	16,99	0,00	70,68	0,00
40436	TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO	m³km					70,68
40450	TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER	tkm					365,42
40455	TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	m³km					226,84
40451	TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,13
47050	TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BÁSICO	tkm					0,03
40453	TRANSPORTE COMERCIAL DE MADEIRA	tkm					3,44
47049	TRANSPORTE LOCAL DE MADEIRA	tkm					9,27
	TRANSPORTE TOTAL (SERVIÇOS DE DRENAGEM)						
40449	**TRANSPORTE LOCAL DE CIMENTO / CAL / FILLER**	**tkm**					**644,31**
40450	**TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO / CAL / FILLER**	**tkm**					**236.905,80**
40445	**TRANSPORTE LOCAL DE AGREGADOS**	**m³km**					**1.980,07**
40455	**TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS**	**m³km**					**157.894,61**
40451	**TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BÁSICO**	**tkm**					**380,18**
47050	**TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BÁSICO**	**tkm**					**828,01**
40453	**TRANSPORTE COMERCIAL DE MADEIRA**	**tkm**					**296,35**
47049	**TRANSPORTE LOCAL DE MADEIRA**	**tkm**					**799,20**
40436	**TRANSPORTE LOCAL DE CONCRETO**	**m³km**					**44.963,79**

NOTA: Conforme determinação da GOINFRA, o transporte dos materiais incluídos nas composições de concreto deverá seguir estritamente as composições registradas no centro de custo da própria instituição. Esta consultora considera que tal procedimento não representa a metodologia mais adequada para elaboração do orçamento, uma vez que as quantidades efetivamente transportadas divergem das quantidades dos insumos remunerados nas composições SICRO, resultando em possíveis distorções nos valores orçamentários.

5.2 – MEMÓRIA DE CÁLCULO - PAVIMENTAÇÃO

DADOS DE CADASTRO DA PISTA EXISTENTE

SEGMENTO HOMOGENEO	Pista/Lado	ESTACA INICIAL			ESTACA FINAL			EXTENSÃO	Largura Lado Direito	Largura Lado Esquerdo	Largura de Acostamento	Largura total da Pista	Área Pista	(h) Pavimento	RECICLAGEM COM 2% DE CIMENTO E INCORPORAÇÃO DO REVESTIMENTO EXISTENTE		IMPRIMAÇÃO (EAI)	Tratamento Superficial Duplo (RR-2C)	PINTURA DE LIGAÇÃO	CBUQ Faixa "B" (m3) - 1ª Camada - Pista			PINTURA DE LIGAÇÃO - 1ª CAMADA Acostamentos
																				Espessuras		Volume	
															Lado Direito	Lado Esquerdo				Lado Direito	Lado Esquerdo		
1	Simples / Direito e Esquerdo	0	+	0,0	25	+	0,0	500	3,5	3,5	1,6	7,0	3.500,00	0,06	306,25	306,25	3.500,00	3.500,00	3.500,00	0,060	0,060	210,00	800,00
2	Simples / Direito e Esquerdo	25	+	0,0	100	+	0,0	1500	3,5	3,5	1,6	7,0	10.500,00	0,07	918,75	918,75	10.500,00	10.500,00	10.500,00	0,060	0,060	630,00	2.400,00
3	Simples / Direito e Esquerdo	100	+	0,0	200	+	0,0	2000	3,5	3,5	0,8	7,0	14.000,00	0,06	1.225,00	1.225,00	14.000,00	14.000,00	14.000,00	0,060	0,060	840,00	1.600,00
4	Simples / Direito e Esquerdo	200	+	0,0	300	+	0,0	2000	3,5	3,5	0,8	7,0	14.000,00	0,05	1.225,00	1.225,00	14.000,00	14.000,00	14.000,00	0,060	0,060	840,00	1.600,00
5	Simples / Direito e Esquerdo	300	+	0,0	400	+	0,0	2000	3,5	3,5	1,6	7,0	14.000,00	0,06	1.225,00	1.225,00	14.000,00	14.000,00	14.000,00	0,060	0,060	840,00	3.200,00
6	Simples / Direito e Esquerdo	400	+	0,0	500	+	0,0	2000	3,5	3,5	1,6	7,0	14.000,00	0,05	1.225,00	1.225,00	14.000,00	14.000,00	14.000,00	0,060	0,060	840,00	3.200,00
7	Simples / Direito e Esquerdo	500	+	0,0	600	+	0,0	2000	3,5	3,5	2,6	7,0	14.000,00	0,04	1.225,00	1.225,00	14.000,00	14.000,00	14.000,00	0,060	0,060	840,00	5.200,00
8	Simples / Direito e Esquerdo	600	+	0,0	700	+	0,0	2000	3,5	3,5	2,6	7,0	14.000,00	0,05	1.225,00	1.225,00	14.000,00	14.000,00	14.000,00	0,060	0,060	840,00	5.200,00
9	Simples / Direito e Esquerdo	700	+	0,0	800	+	0,0	2000	3,5	3,5	2,6	7,0	14.000,00	0,04	1.225,00	1.225,00	14.000,00	14.000,00	14.000,00	0,060	0,060	840,00	5.200,00
10	Simples / Direito e Esquerdo	800	+	0,0	900	+	0,0	2000	3,5	3,5	2,6	7,0	14.000,00	0,05	1.225,00	1.225,00	14.000,00	14.000,00	14.000,00	0,060	0,060	840,00	5.200,00
11	Simples / Direito e Esquerdo	900	+	0,0	1000	+	0,0	2000	3,5	3,5	2,6	7,0	14.000,00	0,03	1.225,00	1.225,00	14.000,00	14.000,00	14.000,00	0,060	0,060	840,00	5.200,00
12	Simples / Direito e Esquerdo	1000	+	0,0	1100	+	0,0	2000	3,5	3,5	2,6	7,0	14.000,00	0,05	1.225,00	1.225,00	14.000,00	14.000,00	14.000,00	0,060	0,060	840,00	5.200,00
13	Simples / Direito e Esquerdo	1100	+	0,0	1200	+	0,0	2000	3,5	3,5	2,6	7,0	14.000,00	0,07	1.225,00	1.225,00	14.000,00	14.000,00	14.000,00	0,060	0,060	840,00	5.200,00
14	Simples / Direito e Esquerdo	1200	+	0,0	1219	+	13,0	393	3,5	3,5	2,6	7,0	2.751,00	0,02	240,71	240,71	2.751,00	2.751,00	2.751,00	0,060	0,060	165,06	1.021,80
15	Ponte 01	1219	+	13,0	1221	+	1,1	28,1															
16	Simples / Direito e Esquerdo	1221	+	1,1	1300	+	0,0	1579	3,5	3,5	2,6	7,0	11.052,30	0,02	967,08	967,08	11.052,30	11.052,30	11.052,30	0,060	0,060	663,14	4.105,14
17	Simples / Direito e Esquerdo	1300	+	0,0	1400	+	0,0	2000	3,5	3,5	2,6	7,0	14.000,00	0,06	1.225,00	1.225,00	14.000,00	14.000,00	14.000,00	0,060	0,060	840,00	5.200,00
18	Simples / Direito e Esquerdo	1400	+	0,0	1500	+	0,0	2000	3,5	3,5	2,6	7,0	14.000,00	0,03	1.225,00	1.225,00	14.000,00	14.000,00	14.000,00	0,060	0,060	840,00	5.200,00
19	Simples / Direito e Esquerdo	1500	+	0,0	1600	+	0,0	2000	3,5	3,5	2,6	7,0	14.000,00	0,02	1.225,00	1.225,00	14.000,00	14.000,00	14.000,00	0,060	0,060	840,00	5.200,00
20	Simples / Direito e Esquerdo	1600	+	0,0	1700	+	0,0	2000	3,5	3,5	2,6	7,0	14.000,00	0,07	1.225,00	1.225,00	14.000,00	14.000,00	14.000,00	0,060	0,060	840,00	5.200,00
21	Simples / Direito e Esquerdo	1700	+	0,0	1800	+	0,0	2000	3,5	3,5	2,6	7,0	14.000,00	0,03	1.225,00	1.225,00	14.000,00	14.000,00	14.000,00	0,060	0,060	840,00	5.200,00
22	Simples / Direito e Esquerdo	1800	+	0,0	1900	+	0,0	2000	3,5	3,5	2,6	7,0	14.000,00	0,02	1.225,00	1.225,00	14.000,00	14.000,00	14.000,00	0,060	0,060	840,00	5.200,00
23	Simples / Direito e Esquerdo	1900	+	0,0	1989	+	12,0	1792	3,5	3,5	2,6	7,0	12.544,00	0,04	1.097,60	1.097,60	12.544,00	12.544,00	12.544,00	0,060	0,060	752,64	4.659,20
24	Ponte 02	1989	+	12,0	1991	+	17,6	45,6															
25	Simples / Direito e Esquerdo	1991	+	17,6	2000	+	0,0	162,4	3,5	3,5	2,6	7,0	1.136,80	0,04	99,47	99,47	1.136,80	1.136,80	1.136,80	0,060	0,060	68,21	422,24
	Limpa-rodas 01	27	+	0	27	+	0						155,71	0,10									
	Limpa-rodas 02	75	+	0	75	+	0						133,85	0,10									
	Limpa-rodas 03	140	+	0	140	+	0						155,71	0,10									
	Limpa-rodas 04	165	+	0	165	+	0						155,71	0,10									
	Limpa-rodas 05	206	+	0	206	+	0						155,71	0,10									
	Limpa-rodas 06	282	+	0	282	+	0						155,71	0,10									
	Limpa-rodas 07	345	+	0	345	+	0						133,85	0,10									
	Limpa-rodas 08	362	+	0	362	+	0						155,71	0,10									
	Limpa-rodas 09	935	+	0	935	+	0						155,71	0,10									
	Limpa-rodas 10	1045	+	0	1045	+	0						155,71	0,10									
	Limpa-rodas 11	1095	+	0	1095	+	0						155,71	0,10									
	Limpa-rodas 12	1190	+	0	1190	+	0						155,71	0,10									
	Limpa-rodas 13	1296	+	0	1296	+	0						133,85	0,10									
								40.000,00					**281.442,75**			**48.909,72**	**279.484,10**	**279.484,10**	**279.484,10**			**16.769,05**	**90.608,38**

DADOS DE CADASTRO DA PISTA E

QUANTITATIVOS CBUQ / MATERAIAL BETUMINOSO

SEGMENTO HOMOGENEO	Pista/Lado	ESTACA INICIAL			ESTACA FINAL			EXTENSÃO	Largura Lado Direito	CBUQ Faixa "B" (m3) - 1ª CAMADA - Acostamentos		PINTURA DE LIGAÇÃO - 2ª CAMADA Acostamentos	CBUQ Faixa "B" (m3) - 2ª CAMADA - Acostamentos		PINTURA DE LIGAÇÃO	CBUQ Faixa "C" (m3) - 2ª Camada - Pista			TOTAL AQUISIÇÃO RR 2C - TSD (T)	TOTAL AQUISIÇÃO RR 1C Pint.Lig. (T)	TOTAL AQUISIÇÃO EAI (T)
										Espessuras	Volume		Espessuras	Volume		Espessuras		Volume			
										Acostamentos			Acostamentos			Lado Direito	Lado Esquerdo		2,8 l/m²	0,5 l/m²	1,3 l/m²
1	Simples / Direito e Esquerdo	0	+	0,0	25	+	0,0	500	3,5	0,050	40,00	800,00	0,040	32,00	3.500,00	0,04	0,04	140,00	9,80	4,30	4,55
2	Simples / Direito e Esquerdo	25	+	0,0	100	+	0,0	1500	3,5	0,050	120,00	2.400,00	0,040	96,00	10.500,00	0,04	0,04	420,00	29,40	12,90	13,65
3	Simples / Direito e Esquerdo	100	+	0,0	200	+	0,0	2000	3,5	0,050	80,00	1.600,00	0,040	64,00	14.000,00	0,04	0,04	560,00	39,20	15,60	18,20
4	Simples / Direito e Esquerdo	200	+	0,0	300	+	0,0	2000	3,5	0,050	80,00	1.600,00	0,040	64,00	14.000,00	0,04	0,04	560,00	39,20	15,60	18,20
5	Simples / Direito e Esquerdo	300	+	0,0	400	+	0,0	2000	3,5	0,050	160,00	3.200,00	0,040	128,00	14.000,00	0,04	0,04	560,00	39,20	17,20	18,20
6	Simples / Direito e Esquerdo	400	+	0,0	500	+	0,0	2000	3,5	0,050	160,00	3.200,00	0,040	128,00	14.000,00	0,04	0,04	560,00	39,20	17,20	18,20
7	Simples / Direito e Esquerdo	500	+	0,0	600	+	0,0	2000	3,5	0,050	260,00	5.200,00	0,040	208,00	14.000,00	0,04	0,04	560,00	39,20	19,20	18,20
8	Simples / Direito e Esquerdo	600	+	0,0	700	+	0,0	2000	3,5	0,050	260,00	5.200,00	0,040	208,00	14.000,00	0,04	0,04	560,00	39,20	19,20	18,20
9	Simples / Direito e Esquerdo	700	+	0,0	800	+	0,0	2000	3,5	0,050	260,00	5.200,00	0,040	208,00	14.000,00	0,04	0,04	560,00	39,20	19,20	18,20
10	Simples / Direito e Esquerdo	800	+	0,0	900	+	0,0	2000	3,5	0,050	260,00	5.200,00	0,040	208,00	14.000,00	0,04	0,04	560,00	39,20	19,20	18,20
11	Simples / Direito e Esquerdo	900	+	0,0	1000	+	0,0	2000	3,5	0,050	260,00	5.200,00	0,040	208,00	14.000,00	0,04	0,04	560,00	39,20	19,20	18,20
12	Simples / Direito e Esquerdo	1000	+	0,0	1100	+	0,0	2000	3,5	0,050	260,00	5.200,00	0,040	208,00	14.000,00	0,04	0,04	560,00	39,20	19,20	18,20
13	Simples / Direito e Esquerdo	1100	+	0,0	1200	+	0,0	2000	3,5	0,050	260,00	5.200,00	0,040	208,00	14.000,00	0,04	0,04	560,00	39,20	19,20	18,20
14	Simples / Direito e Esquerdo	1200	+	0,0	1219	+	13,0	393	3,5	0,050	51,09	1.021,80	0,040	40,87	2.751,00	0,04	0,04	110,04	7,70	3,77	3,58
15	Ponte 01	1219	+	13,0	1221	+	1,1	28,1													
16	Simples / Direito e Esquerdo	1221	+	1,1	1300	+	0,0	1579	3,5	0,050	205,26	4.105,14	0,040	164,21	11.052,30	0,04	0,04	442,09	30,95	15,16	14,37
17	Simples / Direito e Esquerdo	1300	+	0,0	1400	+	0,0	2000	3,5	0,040	208,00	5.200,00	0,040	208,00	14.000,00	0,04	0,04	560,00	39,20	19,20	18,20
18	Simples / Direito e Esquerdo	1400	+	0,0	1500	+	0,0	2000	3,5	0,040	208,00	5.200,00	0,040	208,00	14.000,00	0,04	0,04	560,00	39,20	19,20	18,20
19	Simples / Direito e Esquerdo	1500	+	0,0	1600	+	0,0	2000	3,5	0,040	208,00	5.200,00	0,040	208,00	14.000,00	0,04	0,04	560,00	39,20	19,20	18,20
20	Simples / Direito e Esquerdo	1600	+	0,0	1700	+	0,0	2000	3,5	0,040	208,00	5.200,00	0,040	208,00	14.000,00	0,04	0,04	560,00	39,20	19,20	18,20
21	Simples / Direito e Esquerdo	1700	+	0,0	1800	+	0,0	2000	3,5	0,040	208,00	5.200,00	0,040	208,00	14.000,00	0,04	0,04	560,00	39,20	19,20	18,20
22	Simples / Direito e Esquerdo	1800	+	0,0	1900	+	0,0	2000	3,5	0,040	208,00	5.200,00	0,040	208,00	14.000,00	0,04	0,04	560,00	39,20	19,20	18,20
23	Simples / Direito e Esquerdo	1900	+	0,0	1989	+	12,0	1792	3,5	0,040	186,37	4.659,20	0,040	186,37	12.544,00	0,04	0,04	501,76	35,12	17,20	16,31
24	Ponte 02	1989	+	12,0	1991	+	17,6	45,6													
25	Simples / Direito e Esquerdo	1991	+	17,6	2000	+	0,0	162,4	3,5	0,040	16,89	422,24	0,040	16,89	1.136,80	0,04	0,04	45,47	3,18	1,56	1,48
	Limpa-rodas 01	27	+	0	27	+	0														0,20
	Limpa-rodas 02	75	+	0	75	+	0														0,17
	Limpa-rodas 03	140	+	0	140	+	0														0,20
	Limpa-rodas 04	165	+	0	165	+	0														0,20
	Limpa-rodas 05	206	+	0	206	+	0														0,20
	Limpa-rodas 06	282	+	0	282	+	0														0,20
	Limpa-rodas 07	345	+	0	345	+	0														0,17
	Limpa-rodas 08	362	+	0	362	+	0														0,20
	Limpa-rodas 09	935	+	0	935	+	0														0,20
	Limpa-rodas 10	1045	+	0	1045	+	0														0,20
	Limpa-rodas 11	1095	+	0	1095	+	0														0,20
	Limpa-rodas 12	1190	+	0	1190	+	0														0,20
	Limpa-rodas 13	1296	+	0	1296	+	0														0,17
								40.000,00			**4.167,60**	**90.608,38**		**3.624,34**	**279.484,10**			**11.179,36**	**782,56**	**370,09**	**365,88**

DADOS DE CADASTRO DA PISTA E

SEGMENTO HOMOGENEO	Pista/Lado	ESTACA INICIAL			ESTACA FINAL			EXTENSÃO	Largura Lado Direito	DMT (Estaca Canteiro = 165) DMT	TRANSP. LOCAL DE MAT. BET.(IMPR. + TSD + LIGAÇÃO) T.Km	Aquisição Material betuminoso CAP (CBUQ FAIXA B)	Aquisição Material betuminoso CAP (CBUQ FAIXA C)	TRANSP. COM. DE MAT. BETUMINOSO (tKm)	CBUQ FAIXA B			
															TRANSPROTE FILLER (CBUQ)Fx.B	TRANSPORTE BRITA CBUQ	TRANSPORTE PEDRISCO CBUQ	TRANSPORTE AREIA - FX.B
												2400	2400		35,0064	1,164456	0,303384	0,06456
												5,50%	6%	129,01	241,32	80,03	80,03	14,02
1	Simples / Direito e Esquerdo	0	+	0,0	25	+	0,0	500	3,5	3,05	56,88	37,22	20,16	9.809,15	2.382,26	26.279,98	6.846,91	255,25
2	Simples / Direito e Esquerdo	25	+	0,0	100	+	0,0	1500	3,5	2,05	114,70	111,67	60,48	29.427,44	7.146,79	78.839,94	20.540,73	765,74
3	Simples / Direito e Esquerdo	100	+	0,0	200	+	0,0	2000	3,5	0,30	21,90	129,89	80,64	36.577,95	8.312,58	91.700,35	23.891,34	890,65
4	Simples / Direito e Esquerdo	200	+	0,0	300	+	0,0	2000	3,5	1,70	124,10	129,89	80,64	36.577,95	8.312,58	91.700,35	23.891,34	890,65
5	Simples / Direito e Esquerdo	300	+	0,0	400	+	0,0	2000	3,5	3,70	276,02	148,90	80,64	39.236,59	9.529,06	105.119,91	27.387,64	1.020,99
6	Simples / Direito e Esquerdo	400	+	0,0	500	+	0,0	2000	3,5	5,70	425,22	148,90	80,64	39.236,59	9.529,06	105.119,91	27.387,64	1.020,99
7	Simples / Direito e Esquerdo	500	+	0,0	600	+	0,0	2000	3,5	7,70	589,82	172,66	80,64	42.559,88	11.049,65	121.894,37	31.758,01	1.183,91
8	Simples / Direito e Esquerdo	600	+	0,0	700	+	0,0	2000	3,5	9,70	743,02	172,66	80,64	42.559,88	11.049,65	121.894,37	31.758,01	1.183,91
9	Simples / Direito e Esquerdo	700	+	0,0	800	+	0,0	2000	3,5	11,70	896,22	172,66	80,64	42.559,88	11.049,65	121.894,37	31.758,01	1.183,91
10	Simples / Direito e Esquerdo	800	+	0,0	900	+	0,0	2000	3,5	13,70	1.049,42	172,66	80,64	42.559,88	11.049,65	121.894,37	31.758,01	1.183,91
11	Simples / Direito e Esquerdo	900	+	0,0	1000	+	0,0	2000	3,5	15,70	1.202,62	172,66	80,64	42.559,88	11.049,65	121.894,37	31.758,01	1.183,91
12	Simples / Direito e Esquerdo	1000	+	0,0	1100	+	0,0	2000	3,5	17,70	1.355,82	172,66	80,64	42.559,88	11.049,65	121.894,37	31.758,01	1.183,91
13	Simples / Direito e Esquerdo	1100	+	0,0	1200	+	0,0	2000	3,5	19,70	1.509,02	172,66	80,64	42.559,88	11.049,65	121.894,37	31.758,01	1.183,91
14	Simples / Direito e Esquerdo	1200	+	0,0	1219	+	13,0	393	3,5	20,89	314,43	33,93	15,85	8.363,02	2.171,26	23.952,24	6.240,45	232,64
15	Ponte 01	1219	+	13,0	1221	+	1,1	28,1										
16	Simples / Direito e Esquerdo	1221	+	1,1	1300	+	0,0	1579	3,5	21,91	1.324,94	136,30	63,66	33.598,90	8.723,15	96.229,51	25.071,36	934,64
17	Simples / Direito e Esquerdo	1300	+	0,0	1400	+	0,0	2000	3,5	23,70	1.815,42	165,79	80,64	41.674,36	10.610,37	117.048,42	30.495,46	1.136,84
18	Simples / Direito e Esquerdo	1400	+	0,0	1500	+	0,0	2000	3,5	25,70	1.968,62	165,79	80,64	41.674,36	10.610,37	117.048,42	30.495,46	1.136,84
19	Simples / Direito e Esquerdo	1500	+	0,0	1600	+	0,0	2000	3,5	27,70	2.121,82	165,79	80,64	41.674,36	10.610,37	117.048,42	30.495,46	1.136,84
20	Simples / Direito e Esquerdo	1600	+	0,0	1700	+	0,0	2000	3,5	29,70	2.275,02	165,79	80,64	41.674,36	10.610,37	117.048,42	30.495,46	1.136,84
21	Simples / Direito e Esquerdo	1700	+	0,0	1800	+	0,0	2000	3,5	31,70	2.428,22	165,79	80,64	41.674,36	10.610,37	117.048,42	30.495,46	1.136,84
22	Simples / Direito e Esquerdo	1800	+	0,0	1900	+	0,0	2000	3,5	33,70	2.581,42	165,79	80,64	41.674,36	10.610,37	117.048,42	30.495,46	1.136,84
23	Simples / Direito e Esquerdo	1900	+	0,0	1989	+	12,0	1792	3,5	35,59	2.442,67	148,55	72,25	37.340,23	9.506,89	104.875,38	27.323,93	1.018,61
24	Ponte 02	1989	+	12,0	1991	+	17,6	45,6										
25	Simples / Direito e Esquerdo	1991	+	17,6	2000	+	0,0	162,4	3,5	36,61	227,71	13,46	6,55	3.383,96	861,56	9.504,33	2.476,23	92,31
	Limpa-rodas 01	27	+	0	27	+	0			2,76								
	Limpa-rodas 02	75	+	0	75	+	0			1,80								
	Limpa-rodas 03	140	+	0	140	+	0			0,50								
	Limpa-rodas 04	165	+	0	165	+	0			0,00								
	Limpa-rodas 05	206	+	0	206	+	0			0,82								
	Limpa-rodas 06	282	+	0	282	+	0			2,34								
	Limpa-rodas 07	345	+	0	345	+	0			3,60								
	Limpa-rodas 08	362	+	0	362	+	0			3,94								
	Limpa-rodas 09	935	+	0	935	+	0			15,40								
	Limpa-rodas 10	1045	+	0	1045	+	0			17,60								
	Limpa-rodas 11	1095	+	0	1095	+	0			18,60								
	Limpa-rodas 12	1190	+	0	1190	+	0			20,50								
	Limpa-rodas 13	1296	+	0	1296	+	0			22,62								
								40.000,00			**25.865,03**	**3.242,05**	**1.609,83**	**821.517,08**	**207.484,93**	**2.288.872,99**	**596.336,35**	**22.230,91**

DADOS DE CADASTRO DA PISTA E TRANSPORTES DE AGRAGADOS E MASSA

Transporte comercial

SEGMENTO HOMOGENEO	Pista/Lado	ESTACA INICIAL			ESTACA FINAL			EXTENSÃO	Largura Lado Direito	TSD	RECICLAGEM	RECICLAGEM	CBUQ FAIXA C				TOTAL TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	TRANSPROTE LOCAL MASSA ASFALTICA	PERCENTUAL REPARO PROFUNDO	REPARO PROFUNDO EM BGS
										TRANSPORTE BRITA TSD	TRANSPORTE LOCAL DE CIMENTO	TRANSPORTE COMERCIAL DE CIMENTO	TRANSPROTE FILLER (CBUQ). Fx-C	TRANSPORTE BRITA CBUQ	TRANSPORTE PEDRISCO CBUQ	TRANSPORTE AREIA - Fx.C				
										0,02267	2%	2%	34,71264	1,100376	0,3549	0,064824				
										80,03	2,116	241,32	241,32	80,03	80,03	14,02				
1	Simples / Direito e Esquerdo	0	+	0,0	25	+	0,0	500	3,5	6.349,05	79,06	6.255,26	1.172,76	12.328,83	3.976,37	127,24	56.163,62	3.089,04		0,00
2	Simples / Direito e Esquerdo	25	+	0,0	100	+	0,0	1500	3,5	19.047,14	159,41	18.765,77	3.518,28	36.986,50	11.929,11	381,71	168.490,87	6.228,72	2,00%	33,60
3	Simples / Direito e Esquerdo	100	+	0,0	200	+	0,0	2000	3,5	25.396,19	31,11	25.021,02	4.691,04	49.315,33	15.905,48	508,95	207.608,29	1.111,68	2,00%	64,40
4	Simples / Direito e Esquerdo	200	+	0,0	300	+	0,0	2000	3,5	25.396,19	176,26	25.021,02	4.691,04	49.315,33	15.905,48	508,95	207.608,29	6.299,52	2,00%	70,00
5	Simples / Direito e Esquerdo	300	+	0,0	400	+	0,0	2000	3,5	25.396,19	383,63	25.021,02	4.691,04	49.315,33	15.905,48	508,95	224.654,49	14.989,44	2,00%	44,80
6	Simples / Direito e Esquerdo	400	+	0,0	500	+	0,0	2000	3,5	25.396,19	591,00	25.021,02	4.691,04	49.315,33	15.905,48	508,95	224.654,49	23.091,84		0,00
7	Simples / Direito e Esquerdo	500	+	0,0	600	+	0,0	2000	3,5	25.396,19	798,37	25.021,02	4.691,04	49.315,33	15.905,48	508,95	245.962,23	34.520,64	2,00%	44,80
8	Simples / Direito e Esquerdo	600	+	0,0	700	+	0,0	2000	3,5	25.396,19	1.005,73	25.021,02	4.691,04	49.315,33	15.905,48	508,95	245.962,23	43.487,04	2,00%	61,60
9	Simples / Direito e Esquerdo	700	+	0,0	800	+	0,0	2000	3,5	25.396,19	1.213,10	25.021,02	4.691,04	49.315,33	15.905,48	508,95	245.962,23	52.453,44	2,00%	36,40
10	Simples / Direito e Esquerdo	800	+	0,0	900	+	0,0	2000	3,5	25.396,19	1.420,47	25.021,02	4.691,04	49.315,33	15.905,48	508,95	245.962,23	61.419,84	2,00%	42,00
11	Simples / Direito e Esquerdo	900	+	0,0	1000	+	0,0	2000	3,5	25.396,19	1.627,84	25.021,02	4.691,04	49.315,33	15.905,48	508,95	245.962,23	70.386,24	2,00%	36,40
12	Simples / Direito e Esquerdo	1000	+	0,0	1100	+	0,0	2000	3,5	25.396,19	1.835,21	25.021,02	4.691,04	49.315,33	15.905,48	508,95	245.962,23	79.352,64	2,00%	39,20
13	Simples / Direito e Esquerdo	1100	+	0,0	1200	+	0,0	2000	3,5	25.396,19	2.042,57	25.021,02	4.691,04	49.315,33	15.905,48	508,95	245.962,23	88.319,04	2,00%	39,20
14	Simples / Direito e Esquerdo	1200	+	0,0	1219	+	13,0	393	3,5	4.990,35	425,61	4.916,63	921,79	9.690,46	3.125,43	100,01	48.331,58	18.403,02		0,00
15	Ponte 01	1219	+	13,0	1221	+	1,1	28,1												
16	Simples / Direito e Esquerdo	1221	+	1,1	1300	+	0,0	1579	3,5	20.049,02	1.793,41	19.752,85	3.703,34	38.931,99	12.556,58	401,79	194.174,89	77.545,24		0,00
17	Simples / Direito e Esquerdo	1300	+	0,0	1400	+	0,0	2000	3,5	25.396,19	2.457,31	25.021,02	4.691,04	49.315,33	15.905,48	508,95	239.806,66	103.294,08		0,00
18	Simples / Direito e Esquerdo	1400	+	0,0	1500	+	0,0	2000	3,5	25.396,19	2.664,68	25.021,02	4.691,04	49.315,33	15.905,48	508,95	239.806,66	112.010,88	2,00%	56,00
19	Simples / Direito e Esquerdo	1500	+	0,0	1600	+	0,0	2000	3,5	25.396,19	2.872,05	25.021,02	4.691,04	49.315,33	15.905,48	508,95	239.806,66	120.727,68		0,00
20	Simples / Direito e Esquerdo	1600	+	0,0	1700	+	0,0	2000	3,5	25.396,19	3.079,41	25.021,02	4.691,04	49.315,33	15.905,48	508,95	239.806,66	129.444,48	2,00%	36,40
21	Simples / Direito e Esquerdo	1700	+	0,0	1800	+	0,0	2000	3,5	25.396,19	3.286,78	25.021,02	4.691,04	49.315,33	15.905,48	508,95	239.806,66	138.161,28		0,00
22	Simples / Direito e Esquerdo	1800	+	0,0	1900	+	0,0	2000	3,5	25.396,19	3.494,15	25.021,02	4.691,04	49.315,33	15.905,48	508,95	239.806,66	146.878,08	2,00%	47,60
23	Simples / Direito e Esquerdo	1900	+	0,0	1989	+	12,0	1792	3,5	22.754,98	3.306,34	22.418,84	4.203,17	44.186,54	14.251,31	456,02	214.866,77	138.983,45	2,00%	42,65
24	Ponte 02	1989	+	12,0	1991	+	17,6	45,6												
25	Simples / Direito e Esquerdo	1991	+	17,6	2000	+	0,0	162,4	3,5	2.062,17	308,22	2.031,71	380,91	4.004,40	1.291,53	41,33	19.472,30	12.956,36	2,00%	3,87
	Limpa-rodas 01	27	+	0	27	+	0													
	Limpa-rodas 02	75	+	0	75	+	0													
	Limpa-rodas 03	140	+	0	140	+	0													
	Limpa-rodas 04	165	+	0	165	+	0													
	Limpa-rodas 05	206	+	0	206	+	0													
	Limpa-rodas 06	282	+	0	282	+	0													
	Limpa-rodas 07	345	+	0	345	+	0													
	Limpa-rodas 08	362	+	0	362	+	0													
	Limpa-rodas 09	935	+	0	935	+	0													
	Limpa-rodas 10	1045	+	0	1045	+	0													
	Limpa-rodas 11	1095	+	0	1095	+	0													
	Limpa-rodas 12	1190	+	0	1190	+	0													
	Limpa-rodas 13	1296	+	0	1296	+	0													
								40.000,00		506.987,88	35.051,74	499.498,43	93.647,90	984.489,35	317.523,53	10.160,17	4.726.601,19	1.483.153,66		698,91

DADOS DE CADASTRO DA PISTA E										REPAROS PROFUNDOS							
										QUANTITATIVOS REPARO PROFUNDO							
SEGMENTO HOMOGENEO	Pista/Lado	ESTACA INICIAL			ESTACA FINAL			EXTENSÃO	Largura Lado Direito	TRANSPORTE LOCAL BGS (MISTURA)	TRANSPORTE COMERCIAL (MAT BGS)	REMOÇÃO E CARGA DE PAV. ASFÁLTICA (m³)	FRESAGEM DESCONTÍNUA - REVESTIMENTO ASFÁLTICO	TRANSPORTE DE ENTULHOS	ESPALHAMENTO DE MATERIAL EM BOTA-FORA	ESPALHAMENTO DE MATERIAL FRESADO PARA LIMPA-RODAS	BANHO DE EAI
											80,03			Adoção do Projetista			
											1,4667			10,03			
1	Simples / Direito e Esquerdo	0	+	0,0	25	+	0,0	500	3,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
2	Simples / Direito e Esquerdo	25	+	0,0	100	+	0,0	1500	3,5	101,94	3.943,97	33,60	14,70	337,01	33,60		
3	Simples / Direito e Esquerdo	100	+	0,0	200	+	0,0	2000	3,5	28,59	7.559,27	64,40	16,80	645,93	64,40		
4	Simples / Direito e Esquerdo	200	+	0,0	300	+	0,0	2000	3,5	176,12	8.216,60	70,00	14,00	702,10	70,00		
5	Simples / Direito e Esquerdo	300	+	0,0	400	+	0,0	2000	3,5	245,32	5.258,62	44,80	16,80	449,34	44,80		
6	Simples / Direito e Esquerdo	400	+	0,0	500	+	0,0	2000	3,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
7	Simples / Direito e Esquerdo	500	+	0,0	600	+	0,0	2000	3,5	510,54	5.258,62	44,80	11,20	449,34	44,80		
8	Simples / Direito e Esquerdo	600	+	0,0	700	+	0,0	2000	3,5	884,33	7.230,61	61,60	14,00	617,85	61,60		
9	Simples / Direito e Esquerdo	700	+	0,0	800	+	0,0	2000	3,5	630,30	4.272,63	36,40	11,20	365,09	36,40		
10	Simples / Direito e Esquerdo	800	+	0,0	900	+	0,0	2000	3,5	851,59	4.929,96	42,00	14,00	421,26	42,00		
11	Simples / Direito e Esquerdo	900	+	0,0	1000	+	0,0	2000	3,5	845,79	4.272,63	36,40	8,40	365,09	36,40		
12	Simples / Direito e Esquerdo	1000	+	0,0	1100	+	0,0	2000	3,5	1.026,88	4.601,30	39,20	14,00	393,18	39,20		
13	Simples / Direito e Esquerdo	1100	+	0,0	1200	+	0,0	2000	3,5	1.142,92	4.601,30	39,20	19,60	393,18	39,20		
14	Simples / Direito e Esquerdo	1200	+	0,0	1219	+	13,0	393	3,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
15	Ponte 01	1219	+	13,0	1221	+	1,1	28,1									
16	Simples / Direito e Esquerdo	1221	+	1,1	1300	+	0,0	1579	3,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
17	Simples / Direito e Esquerdo	1300	+	0,0	1400	+	0,0	2000	3,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
18	Simples / Direito e Esquerdo	1400	+	0,0	1500	+	0,0	2000	3,5	2.130,02	6.573,28	56,00	8,40	561,68	56,00		
19	Simples / Direito e Esquerdo	1500	+	0,0	1600	+	0,0	2000	3,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
20	Simples / Direito e Esquerdo	1600	+	0,0	1700	+	0,0	2000	3,5	1.600,00	4.272,63	36,40	19,60	365,09	36,40		
21	Simples / Direito e Esquerdo	1700	+	0,0	1800	+	0,0	2000	3,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
22	Simples / Direito e Esquerdo	1800	+	0,0	1900	+	0,0	2000	3,5	2.374,10	5.587,29	47,60	5,60	477,43	47,60		
23	Simples / Direito e Esquerdo	1900	+	0,0	1989	+	12,0	1792	3,5	2.246,49	5.006,21	42,65	10,04	427,78	42,65		
24	Ponte 02	1989	+	12,0	1991	+	17,6	45,6									
25	Simples / Direito e Esquerdo	1991	+	17,6	2000	+	0,0	162,4	3,5	209,42	453,69	3,87	0,91	38,77	3,87		
	Limpa-rodas 01	27	+	0	27	+	0									15,57	155,71
	Limpa-rodas 02	75	+	0	75	+	0									13,39	133,85
	Limpa-rodas 03	140	+	0	140	+	0									15,57	155,71
	Limpa-rodas 04	165	+	0	165	+	0									15,57	155,71
	Limpa-rodas 05	206	+	0	206	+	0									15,57	155,71
	Limpa-rodas 06	282	+	0	282	+	0									15,57	155,71
	Limpa-rodas 07	345	+	0	345	+	0									13,39	133,85
	Limpa-rodas 08	362	+	0	362	+	0									15,57	155,71
	Limpa-rodas 09	935	+	0	935	+	0									15,57	155,71
	Limpa-rodas 10	1045	+	0	1045	+	0									15,57	155,71
	Limpa-rodas 11	1095	+	0	1095	+	0									15,57	155,71
	Limpa-rodas 12	1190	+	0	1190	+	0									15,57	155,71
	Limpa-rodas 13	1296	+	0	1296	+	0									13,39	133,85
								40.000,00		15.004,36	82.038,61	698,91	199,24	7.010,11	698,91	195,87	1.958,65

DADOS DE CADASTRO DA PISTA E

SEGMENTO HOMOGENEO	Pista/Lado	ESTACA						EXTENSÃO	Largura Lado Direito	AQUISIÇÃO EAI LIMPA-RODAS (t)	TRANSPORTE LOCAL DE EAI - LIMPA-RODAS	TRANSPORTE COMERCIAL DE EAI - LIMPA-RODAS	TRANSPORTE DE PAVIMENTO REMOVIDO
		INICIAL			FINAL					2,0 l/m²		129,01	10,03
1	Simples / Direito e Esquerdo	0	+	0,0	25	+	0,0	500	3,5				
2	Simples / Direito e Esquerdo	25	+	0,0	100	+	0,0	1500	3,5				
3	Simples / Direito e Esquerdo	100	+	0,0	200	+	0,0	2000	3,5				
4	Simples / Direito e Esquerdo	200	+	0,0	300	+	0,0	2000	3,5				
5	Simples / Direito e Esquerdo	300	+	0,0	400	+	0,0	2000	3,5				
6	Simples / Direito e Esquerdo	400	+	0,0	500	+	0,0	2000	3,5				
7	Simples / Direito e Esquerdo	500	+	0,0	600	+	0,0	2000	3,5				
8	Simples / Direito e Esquerdo	600	+	0,0	700	+	0,0	2000	3,5				
9	Simples / Direito e Esquerdo	700	+	0,0	800	+	0,0	2000	3,5				
10	Simples / Direito e Esquerdo	800	+	0,0	900	+	0,0	2000	3,5				
11	Simples / Direito e Esquerdo	900	+	0,0	1000	+	0,0	2000	3,5				
12	Simples / Direito e Esquerdo	1000	+	0,0	1100	+	0,0	2000	3,5				
13	Simples / Direito e Esquerdo	1100	+	0,0	1200	+	0,0	2000	3,5				
14	Simples / Direito e Esquerdo	1200	+	0,0	1219	+	13,0	393	3,5				
15	Ponte 01	1219	+	13,0	1221	+	1,1	28,1					
16	Simples / Direito e Esquerdo	1221	+	1,1	1300	+	0,0	1579	3,5				
17	Simples / Direito e Esquerdo	1300	+	0,0	1400	+	0,0	2000	3,5				
18	Simples / Direito e Esquerdo	1400	+	0,0	1500	+	0,0	2000	3,5				
19	Simples / Direito e Esquerdo	1500	+	0,0	1600	+	0,0	2000	3,5				
20	Simples / Direito e Esquerdo	1600	+	0,0	1700	+	0,0	2000	3,5				
21	Simples / Direito e Esquerdo	1700	+	0,0	1800	+	0,0	2000	3,5				
22	Simples / Direito e Esquerdo	1800	+	0,0	1900	+	0,0	2000	3,5				
23	Simples / Direito e Esquerdo	1900	+	0,0	1989	+	12,0	1792	3,5				
24	Ponte 02	1989	+	12,0	1991	+	17,6	45,6					
25	Simples / Direito e Esquerdo	1991	+	17,6	2000	+	0,0	162,4	3,5				
	Limpa-rodas 01	27	+	0	27	+	0			0,31	0,86	40,18	156,18
	Limpa-rodas 02	75	+	0	75	+	0			0,27	0,48	34,54	134,25
	Limpa-rodas 03	140	+	0	140	+	0			0,31	0,16	40,18	156,18
	Limpa-rodas 04	165	+	0	165	+	0			0,31	0,00	40,18	156,18
	Limpa-rodas 05	206	+	0	206	+	0			0,31	0,26	40,18	156,18
	Limpa-rodas 06	282	+	0	282	+	0			0,31	0,73	40,18	156,18
	Limpa-rodas 07	345	+	0	345	+	0			0,27	0,96	34,54	134,25
	Limpa-rodas 08	362	+	0	362	+	0			0,31	1,23	40,18	156,18
	Limpa-rodas 09	935	+	0	935	+	0			0,31	4,80	40,18	156,18
	Limpa-rodas 10	1045	+	0	1045	+	0			0,31	5,48	40,18	156,18
	Limpa-rodas 11	1095	+	0	1095	+	0			0,31	5,79	40,18	156,18
	Limpa-rodas 12	1190	+	0	1190	+	0			0,31	6,38	40,18	156,18
	Limpa-rodas 13	1296	+	0	1296	+	0			0,27	6,06	34,54	134,25

5.3 – QUADRO DMT

QUADRO RESUMO DOS FORNECEDORES								
FORNECEDOR	TIPO DE MATERIAL	CONTATO	ENDEREÇO	COORDENADAS CANTEIRO		COORDENADAS FORNECEDOR		DISTÂNCIA DE TRANSPORTE (km)
				Latitude	Longitude	Latitude	Longitude	
Pedreira Melhor Brita	Brita, Pedrisco, Pedra de Mão	(64) 98134-1173	Goiandira, Goiás	17°40'16.96"S	48°10'2.93"O	18°11'36.81"S	48° 4'8.61"O	80,03
Areal Lemos 2	Areia	(61) 99981-5638 (61) 99994-1428 (64) 98159-1593	Ipameri, Goiás			17°39'46.48"S	48° 6'3.73"O	14,02
Distribuidora	EAI, RR-1C, RR-2C-E, CAP 60/85-E	(64) 3047-1127	Morrinhos, Goiás			17°41'41.04"S	49° 8'42.49"O	129,01
Cimenteira	Cimento, Cal	(64) 3003-0543	Edealina, Goiás			17°15'30.32"S	49°46'48.98"O	241,32
Material de Construção	Madeira, Materiais Básicos	(64) 3491-1270	Ipameri, Goiás			17°43'23.92"S	48° 9'54.93"O	6,30

MATERIAL REMOVIDO					
LOCAL	TIPO DE MATERIAL	ENDEREÇO	COORDENADAS		DISTÂNCIA DE TRANSPORTE (km)
			Latitude	Longitude	
Bota-Fora*	Material Granular do Pavimento	Urutaí, Goiás	17°31'29.91"S	48°11'8.61"O	10,03
Aterro*	Concreto Demolido	Ipameri, Goiás	17°43'17.96"S	48°12'0.13"O	27,40

NOTA: * Para transporte do material removido ou demolido, adota-se a distância média entre a pista e o local de destinação final (bota-fora ou aterro), considerando que esses materiais não necessitam de estocagem prévia no canteiro de obras.

5.4 – QUADRO DE CONSUMO

QUADRO DE CONSUMO DE MATERIAIS

RODOVIA: GO-330 **PISTA:** SIMPLES

TRECHO: Entr. GO-020 (Próx. Roncador) / Ipameri **EXTENSÃO:** 40,00 km

Materiais Indicados		Consumo por m³			
		Unid.	Quantidade	Unid.	Quantidade
Reciclagem com adição de 2% de cimento e incorporação do revestimento asfáltico à base	Cimento Portland CP-II - 32 (a granel)	t	2,000 * 0,02 = 0,040	m³	0,040 / 1,4 = 0,028571

Densidades Adotadas

DENSIDADES APARENTES (COMPACTADO):

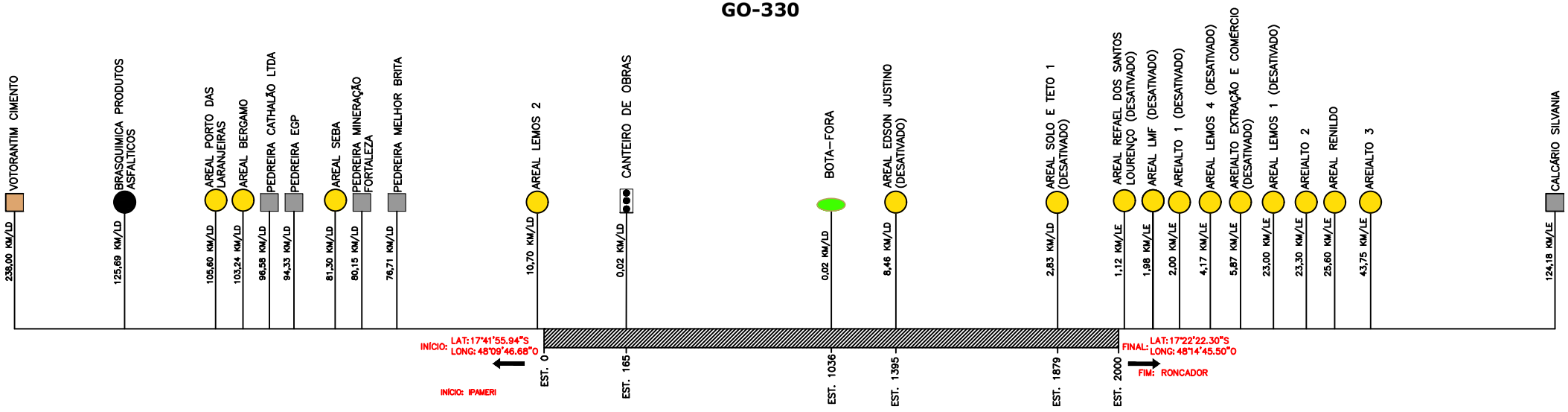
Mistura solo + CP + Revest: 2,2 t/m³
PMF Faixa "D": 2,300 t/m³
CBUQ "C" Com Polímero: 2,427

DENSIDADES MATERIAL SOLTO:

Cimento Portland: 1,4 t/m³
RM-1C: 1000 kg/m³
Material Fresado: 1500 kg/m³
Solo: 1,5 *(solta)*
Revestimento: 1,5 *(solta)*
RR-2C: 1000 kg/m³

5.5 – LINEAR DE OCORRÊNCIAS

LINEAR DAS OCORRÊNCIAS
GO-330



1758

QUADRO RESUMO

OCORRÊNCIA	COORDENADAS		PROCEDÊNCIA	DESTINO	ACESSO AO EIXO (ESTACA)	POSIÇÃO	DISTÂNCIA AO CANTEIRO (Km)				MATERIAL
	Latitude	Longitude					LEITO NATURAL	REV. PRIMÁRIO	PAV.	TOTAL	
CIMENTEIRA	17°15'30.32"S	49°46'48.98"O	VOTORANTIM CIMENTO	CANTEIRO DE OBRAS EST. 165	EST. 0	LD	0,02 Km	0,00 Km	241,30 Km	241,32 Km	CIMENTO, CAL
DISTRIBUIDORA	17°41'41.04"S	49° 8'42.49"O	BRASQUIMICA PRODUTOS ASFALTICOS	CANTEIRO DE OBRAS EST. 165	EST. 0	LD	0,02 Km	5,41 Km	123,58 Km	129,01 Km	EAI, RR-1C, RR-2C, CAP 55/75-E, CAP 60/85-E
AREAL	18° 4'7.18"S	48°39'46.87"O	AREAL PORTO DAS LARANJEIRAS	CANTEIRO DE OBRAS EST. 165	EST. 0	LD	0,02 Km	1,60 Km	107,30 Km	108,92 Km	AREIA LAVADA
AREAL	18° 3'47.53"S	48°36'6.94"O	AREAL BERGAMO	CANTEIRO DE OBRAS EST. 165	EST. 0	LD	0,02 Km	0,24 Km	106,30 Km	106,56 Km	AREIA LAVADA
PEDREIRA	17°54'23.78"S	47°46'32.41"O	PEDREIRA CATHALÃO LTDA	CANTEIRO DE OBRAS EST. 165	EST. 0	LD	0,02 Km	1,28 Km	98,60 Km	99,90 Km	GRANITO
PEDREIRA	17°55'44.62"S	47°47'21.82"O	Pedreira EGP	CANTEIRO DE OBRAS EST. 165	EST. 0	LD	0,02 Km	0,33 Km	97,30 Km	97,65 Km	GRANITO
AREAL	17°37'8.43"S	48°27'40.35"O	AREAL SEBA	CANTEIRO DE OBRAS EST. 165	EST. 0	LD	0,02 Km	10,30 Km	74,30 Km	84,62 Km	AREIA LAVADA
PEDREIRA	17°52'29.64"S	48°39'1.11"O	PEDREIRA MINERAÇÃO FORTALEZA	CANTEIRO DE OBRAS EST. 165	EST. 0	LD	0,02 Km	0,45 Km	83,00 Km	83,47 Km	MICAXISTO
PEDREIRA	18°11'36.81"S	48° 4'8.61"O	PEDREIRA MELHOR BRITA	CANTEIRO DE OBRAS EST. 165	EST. 0	LD	0,02 Km	7,61 Km	72,40 Km	80,03 Km	GRANITO
AREAL	17°39'46.48"S	48° 6'3.73"O	AREAL LEMOS 2	CANTEIRO DE OBRAS EST. 165	EST. 0	LD	0,02 Km	6,74 Km	7,26 Km	14,02 Km	AREIA
CANTEIRO	17°40'16.96"S	48°10'2.93"O	CANTEIRO DE OBRAS	CANTEIRO DE OBRAS EST. 165	EST. 165	LD	-	-	-	-	-
BOTA-FORA	17°31'29.91"S	48°11'8.61"O	BOTA-FORA	CANTEIRO DE OBRAS EST. 165	EST. 1036	LD	-	-	-	-	-
AREAL	17°27'30.63"S	48° 9'50.91"O	AREAL EDSON JUSTINO (DESATIVADO)	CANTEIRO DE OBRAS EST. 165	EST. 1395	LD	0,02 Km	7,12 Km	25,94 Km	33,08 Km	AREIA
AREAL	17°23'22.67"S	48°15'37.73"O	AREAL SOLO E TETO 1 (DESATIVADO)	CANTEIRO DE OBRAS EST. 165	EST. 1879	LD	0,02 Km	2,83 Km	34,28 Km	37,13 Km	AREIA
AREAL	17°22'24.09"S	48°15'4.43"O	AREAL REFAEL DOS SANTOS LOURENÇO (DESATIVADO)	CANTEIRO DE OBRAS EST. 165	EST. 2000	LE	0,02 Km	0,53 Km	37,29 Km	37,84 Km	AREIA
AREAL	17°21'29.31"S	48°15'5.42"O	AREAL LMF (DESATIVADO)	CANTEIRO DE OBRAS EST. 165	EST. 2000	LE	0,02 Km	0,52 Km	38,16 Km	38,70 Km	AREIA
AREAL	17°21'37.01"S	48°15'21.36"O	AREIALTO 1 (DESATIVADO)	CANTEIRO DE OBRAS EST. 165	EST. 2000	LE	0,02 Km	0,54 Km	38,16 Km	38,72 Km	AREIA
AREAL	17°20'44.72"S	48°14'24.67"O	AREAL LEMOS 4 (DESATIVADO)	CANTEIRO DE OBRAS EST. 165	EST. 2000	LE	0,42 Km	0,92 Km	39,55 Km	40,89 Km	AREIA
AREAL	17°20'25.97"S	48°14'19.04"O	AREIALTO EXTRAÇÃO E COMÉRCIO (DESATIVADO)	CANTEIRO DE OBRAS EST. 165	EST. 2000	LE	0,02 Km	5,31 Km	37,26 Km	42,59 Km	AREIA
AREAL	17°18'6.18"S	48°11'0.58"O	AREAL LEMOS 1 (DESATIVADO)	CANTEIRO DE OBRAS EST. 165	EST. 2000	LE	0,02 Km	10,70 Km	49,00 Km	59,72 Km	AREIA
AREAL	17°14'47.71"S	48°11'15.40"O	AREIALTO 2	CANTEIRO DE OBRAS EST. 165	EST. 2000	LE	0,02 Km	10,90 Km	49,10 Km	60,02 Km	AREIA
AREAL	17°26'15.78"S	48°18'27.92"O	AREAL RENILDO	CANTEIRO DE OBRAS EST. 165	EST. 2000	LE	0,02 Km	14,20 Km	48,10 Km	62,32 Km	AREIA
AREAL	17° 6'20.46"S	48° 7'43.96"O	AREIALTO 3	CANTEIRO DE OBRAS EST. 165	EST. 2000	LE	0,02 Km	30,90 Km	49,55 Km	80,47 Km	AREIA
PEDREIRA	16°34'44.20"S	48°19'36.00"O	CALCÁRIO SILVANIA	CANTEIRO DE OBRAS EST. 165	EST. 2000	LE	0,02 Km	5,68 Km	155,20 Km	160,90 Km	CALCÁRIO

LEGENDA

- BOTA–FORA
- CANTEIRO DE OBRAS
- PEDREIRA
- AREAL
- CIMENTEIRA
- DISTRIBUIDORA (MATERIAL BETUMINOSO)

6 – DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE POR LEVANTAMENTO DE DADOS HISTÓRICOS DO PAVIMENTO EXISTENTE

Ref.: Projeto de Restauração da Rodovia GO-330, Trecho Entr. GO-020 (Próx. Roncador)/ Ipameri, 44,08 km

O Leonardo Melo Bittencourt de CPF nº 103.971.966-01, responsável pelos LEVANTAMENTOS DE DADOS HISTÓRICOS DO PAVIMENTO EXISTENTE, e a empresa Strata Engenharia Ltda de CNPJ nº 36.490.437/0001-06, aqui representada pelo seu responsável técnico, o Engº Leonardo Melo Bittencourt, CREA Nº 142113438-1, declaramos que acompanhamos os estudos e levantamentos de Levantamento de Dados Históricos do Pavimento Existente apresentados, e estes foram realizadas obedecendo rigorosamente às normas técnicas e instruções de projeto (IP-12 – Projeto de Restauração Estrutural de Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos – Estudos Iniciais) em vigor e que assumimos total responsabilidade quanto à veracidade dos resultados apresentados.

gov.br
Documento assinado digitalmente
LEONARDO MELO BITTENCOURT
Data: 23/02/2024 17:12:46-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

STRATA ENGENHARIA LTDA
RT Engº Leonardo Melo Bittencourt
CPF nº 103.971.966-01

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE POR ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Ref.: Projeto de Restauração da Rodovia GO-330, Trecho Entr. GO-020 (Próx. Roncador)/ Ipameri, 44,08 km

O Edwin Araújo Fonseca de CPF nº 021.068.423-25, responsável pelos ESTUDOS HIDROLÓGICOS, e a empresa Strata Engenharia Ltda de CNPJ nº 36.490.437/0001-06, aqui representada pelo seu responsável técnico, o Engº Edwin Araújo Fonseca, CREA Nº 071565479-9, declaramos que acompanhamos todos os levantamentos hidrológicos e cadastro dos dispositivos de drenagem existentes apresentados nos Estudos Hidrológicos, e que esses levantamentos foram realizados obedecendo rigorosamente às normas técnicas e instruções de projetos (IP-03 – Estudos Hidrológicos) em vigor e que assumimos total responsabilidade quanto à veracidade dos resultados apresentados.

gov.br Documento assinado digitalmente
EDWIN ARAUJO FONSECA
Data: 23/02/2024 13:57:12-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

STRATA ENGENHARIA LTDA
RT Engº Edwin Araújo Fonseca
CPF nº 021.068.423-25

GO INFRA

DECLARAÇÃO DE ENTREGA DE DOCUMENTOS:

DECLARAÇÃO

Este Checklist confirma que os documentos apresentados pela projetista Ana Luiza Estanislau Cançado guardam conformidade com os padrões estabelecidos pcla Goinfra para forma e conteúdo. Nessa etapa estão sendo entregues os seguintes documentos:

- Estudo de Tráfego – Revisão nº 00

Por meio de seu representante legal, ou preposto, Paulo Romeu de Assunção Gontijo, a empresa Strata Engenharia Ltda declara que todos os campos deste Checklist estão preenchidos corretamente e entende que este procedimento não esgota nem modifica suas responsabilidades definidas pelo edital de licitação, pelo contrato, pelo termo de referência e pela anotação de responsabilidade técnica.

Belo Horizonte, 8 de janeiro de 2024

Ana Luiza Estanislau Cançado
Ana Luiza Estanislau Cançado
Strata Engenharia Ltda

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE POR ESTUDOS GEOLÓGICOS

Ref.: Projeto de Restauração da Rodovia GO-330, Trecho Entr. GO-020 (Próx. Roncador)/ Ipameri, 44,08 km

O Valter Barrueco Filho de CPF nº 100.731.178-97, responsável pelos ESTUDOS GEOLÓGICOS, e a empresa Strata Engenharia Ltda de CNPJ nº 36.490.437/0001-06, aqui representada pelo seu responsável técnico, o Engº Valter Barrueco Filho, CREA Nº 140943309-9, declaramos que acompanhamos os estudos e levantamentos de Estudos Geológicos apresentados, e estes foram realizadas obedecendo rigorosamente às normas técnicas e instruções de projeto (IP-04 – Estudos Geológicos) em vigor e que assumimos total responsabilidade quanto à veracidade dos resultados apresentados.



STRATA ENGENHARIA LTDA
RT Engº Valter Barrueco Filho
CPF nº 100.731.178-97

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE POR ESTUDOS DA CONDIÇÃO DE SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO E ACOSTAMENTOS

Ref.: Projeto de Restauração da Rodovia GO-330, Trecho: GO-020 (Próx. Roncador) – Ipameri, Extensão: 44,08 km

A Rafaela da Silva Cruz de CPF nº 015.770.276-63, responsável pela CONDIÇÃO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO E ACOSTAMENTOS, e a empresa Strata Engenharia de CNPJ nº 36.490.437/000-1, aqui representada pelo seu responsável técnico, a Engº Rafaela da Silva Cruz, CREA Nº 192283D - MG, declaramos que acompanhamos todos os levantamentos da Condição da Superfície do Pavimento e Acostamentos para determinação e/ou restauração do eixo da rodovia apresentados na Condição da Superfície do Pavimento e Acostamentos, e que esses levantamentos foram realizados obedecendo rigorosamente às normas técnicas de projetos (DNIT 006/2003 – PRO, Norma DNER-PRO 273/96, DNER-ME 024/94, NORMA DNIT 005/2003) em vigor e que assumimos total responsabilidade quanto à veracidade dos resultados apresentados.

Rafaela da Silva Cruz

STRATA ENGENHARIA LTDA
RT Engº Rafaela da Silva Cruz
CPF nº 015.770.276-63

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE POR ESTUDOS DE TRAVESSIAS URBANAS

Ref.: Projeto de Restauração da Rodovia GO-330, Trecho: GO-020 (Próx. Roncador) – Ipameri, Extensão: 44,08 km

O Rafaela da Silva Cruz de CPF nº 015.770.276-63, responsável pelos ESTUDOS DE TRAVESSIAS URBANAS, e a empresa Strata Engenharia Ltda de CNPJ nº 36.490.437/0001-06, aqui representada pelo seu responsável técnico, o Engª Rafaela da Silva Cruz, CREA Nº 192283D, declaramos que acompanhamos todos os levantamentos das travessias urbanas contidas no trecho para determinação e/ou restauração do eixo da rodovia apresentados nos Estudos de Travessias Urbanas, e que esses levantamentos foram realizados obedecendo rigorosamente às normas técnicas e instruções de projetos (IT-02 – Manual de Pavimentação Urbana e IPR-740 – Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas) em vigor e que assumimos total responsabilidade quanto à veracidade dos resultados apresentados.

Rafaela da Silva Cruz

STRATA ENGENHARIA LTDA
RT Engª Rafaela da Silva Cruz
CPF nº 015.770.276-63

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE POR ESTUDOS GEOTÉCNICOS

Ref.: Projeto de Restauração da Rodovia GO-330, Trecho: GO-020 (Próx. Roncador) – Ipameri, Extensão: 44,08 km

A Rafaela da Silva Cruz de CPF nº 015.770.276-63, responsável pelos ESTUDOS GEOTÉCNICOS, e a empresa Strata Engenharia Ltda de CNPJ nº 36.490.437/0001-06, aqui representada pelo seu responsável técnico, a Engª Rafaela da Silva Cruz, CREA Nº 192283D, declaramos que acompanhamos todos os trabalhos de investigação e ensaios de campo e de laboratório apresentados nos Estudos Geotécnicos, que essas investigações e ensaios foram realizados obedecendo rigorosamente às normas técnicas e instruções de projeto (IP-07 – Estudos Geotécnicos) em vigor e que assumimos total responsabilidade quanto à veracidade dos resultados apresentados.

Rafaela da Silva Cruz

STRATA ENGENHARIA LTDA
RT Engª Rafaela da Silva Cruz
CPF nº 015.770.276-63

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE – PROJETO DE DRENAGEM/OAC

Ref.: Projeto de Restauração da Rodovia GO-330, Trecho Entr. GO-020 (Próx. Roncador)/Ipameri, 44,08 km

O Paulo Romeu Assunção Gontijo, responsável pelo PROJETO DE DRENAGEM, e a empresa Strata Engenharia Ltda de CNPJ nº 36.490.437/0001-06, aqui representada por seu responsável técnico, o Engº Paulo Romeu Assunção Gontijo, CREA Nº 67953-MG, declaramos que desenvolvemos o referido projeto obedecendo rigorosamente às normas técnicas e instruções de projetos (IP) em vigor e consideramos a viabilidade e economicidade das soluções técnicas apresentadas assumindo total responsabilidade quanto à veracidade dos resultados apresentados.

STRATA ENGENHARIA LTDA
RT Engº Paulo Romeu Assunção Gontijo
CREA Nº 67953-MG

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE – PROJETO DE OBRAS COMPLEMENTARES

Ref.: Projeto de Restauração da Rodovia GO-330, Trecho Entr. GO-020 (Próx. Roncador)/Ipameri, 44,08 km

O Paulo Romeu Assunção Gontijo, responsável pelo PROJETO DE OBRAS COMPLEMENTARES, e a empresa Strata Engenharia Ltda de CNPJ nº 36.490.437/0001-06, aqui representada por seu responsável técnico, o Engº Paulo Romeu Assunção Gontijo, CREA Nº 67953-MG, declaramos que desenvolvemos o referido projeto obedecendo rigorosamente às normas técnicas e instruções de projetos (IP) em vigor e consideramos a viabilidade e economicidade das soluções técnicas apresentadas assumindo total responsabilidade quanto à veracidade dos resultados apresentados.

_____

STRATA ENGENHARIA LTDA
RT Engº Paulo Romeu Assunção Gontijo
CREA Nº 67953-MG

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE – PROJETO DE RESTAURAÇÃO ASFÁLTICA

Ref.: Projeto de Restauração da Rodovia GO-330, Trecho Entr. GO-020 (Próx. Roncador)/Ipameri, 44,08 km

O Paulo Romeu Assunção Gontijo, responsável pelo PROJETO DE RESTAURAÇÃO ASFÁLTICA, e a empresa Strata Engenharia Ltda de CNPJ nº 36.490.437/0001-06, aqui representada por seu responsável técnico, o Engº Paulo Romeu Assunção Gontijo, CREA Nº 67953-MG, declaramos que desenvolvemos o referido projeto obedecendo rigorosamente às normas técnicas e instruções de projetos (IP) em vigor e consideramos a viabilidade e economicidade das soluções técnicas apresentadas assumindo total responsabilidade quanto à veracidade dos resultados apresentados.

STRATA ENGENHARIA LTDA
RT Engº Paulo Romeu Assunção Gontijo
CREA Nº 67953-MG

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE – PROJETO DE SINALIZAÇÃO

Ref.: Projeto de Restauração da Rodovia GO-330, Trecho Entr. GO-020 (Próx. Roncador)/Ipameri, 44,08 km

O Paulo Romeu Assunção Gontijo, responsável pelo PROJETO DE SINALIZAÇÃO, e a empresa Strata Engenharia Ltda de CNPJ nº 36.490.437/0001-06, aqui representada por seu responsável técnico, o Engº Paulo Romeu Assunção Gontijo, CREA Nº 67953-MG, declaramos que desenvolvemos o referido projeto obedecendo rigorosamente às normas técnicas e instruções de projetos (IP) em vigor e consideramos a viabilidade e economicidade das soluções técnicas apresentadas assumindo total responsabilidade quanto à veracidade dos resultados apresentados.

STRATA ENGENHARIA LTDA
RT Engº Paulo Romeu Assunção Gontijo
CREA Nº 67953-MG

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE – PROJETO DE COMPONENTES SÓCIO-AMBIENTAL

Ref.: Projeto de Restauração da Rodovia GO-330, Trecho Entr. GO-020 (Próx. Roncador)/Ipameri, 44,08 km

O Paulo Romeu Assunção Gontijo, responsável pelo PROJETO DE COMPONENTES SÓCIO-AMBIENTAL, e a empresa Strata Engenharia Ltda de CNPJ nº 36.490.437/0001-06, aqui representada por seu responsável técnico, o Engº Paulo Romeu Assunção Gontijo, CREA Nº 67953-MG, declaramos que desenvolvemos o referido projeto obedecendo rigorosamente às normas técnicas e instruções de projetos (IP) em vigor e consideramos a viabilidade e economicidade das soluções técnicas apresentadas assumindo total responsabilidade quanto à veracidade dos resultados apresentados.



STRATA ENGENHARIA LTDA
RT Engº Paulo Romeu Assunção Gontijo
CREA Nº 67953-MG

7 – ART

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243123465

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

SUBSTITUIÇÃO POR ERRO DE DIGITAÇÃO à MG20242715151
EQUIPE à MG20243122828

1. Responsável Técnico

ANA LUIZA ESTANISLAU CANCADO
Título profissional: **ENGENHEIRA CIVIL**
RNP: **1419659910**
Registro: **256156MG**

Empresa contratada: **STRATA ENGENHARIA LTDA**
Registro Nacional: **0000067953-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes - GOINFRA**
CPF/CNPJ: **03.520.933/0001-06**
AVENIDA GOVERNADOR JOSÉ LUDOVICO DE ALMEIDA
Nº: **20**
Complemento:
Bairro: **CONJUNTO CAIÇARA**
Cidade: **GOIÂNIA**
UF: **GO**
CEP: **74775013**

Contrato: **94/2023 - GOINFRA**
Celebrado em: **21/09/2023**
Valor: **R$ 5.577.000,00**
Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Público**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA GO-020, GO-139, GO-210, GO-309, GO-330, GO-503, GO-504
Nº: **S/N**
Complemento:
Bairro: **DIVERSOS**
Cidade: **GOIÂNIA**
UF: **GO**
CEP: **74775013**
Data de Início: **04/12/2023**
Previsão de término: **03/12/2025**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade: **INFRAESTRUTURA**
Código: **Não Especificado**
Proprietário: **Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes - GOINFRA**
CPF/CNPJ: **03.520.933/0001-06**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração 80 - Projeto > TRANSPORTES > INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA > #4.1.3 - DE INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA	468,53	km

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Elaboração de Projetos Executivos de Engenharia de Restauração, melhorias e manutenção de Rodovias - Região Sudeste - Lote01 - Estudos de Tráfego

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

SENGE-MG - Sindicato de Engenheiros no Estado de Minas Gerais

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243123465

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

SUBSTITUIÇÃO POR ERRO DE DIGITAÇÃO à MG20242715151
EQUIPE à MG20243122828

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Ana Luiza Estanislau

ANA LUIZA ESTANISLAU CANCADO - CPF: 074.176.456-31

_____, _____ de _____ de _____
Local data

Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes - GOINFRA - CNPJ: 03.520.933/0001-06

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Esta ART é isenta de taxa Registrada em: **09/07/2024**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: b2CAz
Impresso em: 10/07/2024 às 14:47:22 por: , ip: 177.39.10.238

www.crea-mg.org.br atendimento@crea-mg.org.br
Tel: 0800 031 2732 Fax:
CREA-MG Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243123612

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

SUBSTITUIÇÃO POR ERRO DE DIGITAÇÃO à MG20232636091
EQUIPE à MG20243122828

1. Responsável Técnico

VALTER BARRUECO FILHO
Título profissional: **ENGENHEIRO AGRIMENSOR, ENGENHEIRO CIVIL**
RNP: **1409433099**
Registro: **MG0000136485D MG**

Empresa contratada: **STRATA ENGENHARIA LTDA**
Registro Nacional: **0000067953-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes - GOINFRA**
CPF/CNPJ: **03.520.933/0001-06**
AVENIDA GOVERNADOR JOSÉ LUDOVICO DE ALMEIDA
Nº: **20**
Complemento:
Bairro: **CONJUNTO CAIÇARA**
Cidade: **GOIÂNIA**
UF: **GO**
CEP: **74775013**

Contrato: **94/2023 - GOINFRA**
Celebrado em: **21/09/2023**
Valor: **R$ 5.577.000,00**
Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Público**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA GO-020, GO-139, GO-210, GO-309, GO-330, GO-503, GO-504
Nº: **S/N**
Complemento:
Bairro: **DIVERSOS**
Cidade: **GOIÂNIA**
UF: **GO**
CEP: **74775013**
Data de Início: **04/12/2023**
Previsão de término: **03/12/2025**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade: **INFRAESTRUTURA**
Código: **Não Especificado**
Proprietário: **Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes - GOINFRA**
CPF/CNPJ: **03.520.933/0001-06**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
80 - Projeto > TRANSPORTES > INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA > #4.1.3 - DE INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA	468,53	km

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Elaboração de Projetos Executivos de Engenharia de Restauração, melhorias e manutenção de Rodovias - Região Sudeste - Lote01 - Estudos Topográficos e Geológicos

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

SENGE-MG - Sindicato de Engenheiros no Estado de Minas Gerais

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243123612

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

SUBSTITUIÇÃO POR ERRO DE DIGITAÇÃO à MG20232636091
EQUIPE à MG20243122828

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

VALTER BARRUECO FILHO - CPF: 100.731.178-97

_____, _____ de _____ de _____
Local data

Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes - GOINFRA - CNPJ: 03.520.933/0001-06

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Esta ART é isenta de taxa

Registrada em: **10/07/2024**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: 2368C
Impresso em: 10/07/2024 às 15:03:24 por: , ip: 177.39.10.238

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243123506

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

SUBSTITUIÇÃO POR ERRO DE DIGITAÇÃO à MG20232635149
EQUIPE à MG20243122828

1. Responsável Técnico

EDWIN ARAÚJO FONSECA
Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**
RNP: **0715654799**
Registro: **51534MG**

Empresa contratada: **STRATA ENGENHARIA LTDA**
Registro Nacional: **0000067953-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes - GOINFRA**
CPF/CNPJ: **03.520.933/0001-06**
AVENIDA GOVERNADOR JOSÉ LUDOVICO DE ALMEIDA
Nº: **20**
Complemento:
Bairro: **CONJUNTO CAIÇARA**
Cidade: **GOIÂNIA**
UF: **GO**
CEP: **74775013**

Contrato: **94/2023 - GOINFRA**
Celebrado em: **21/09/2023**
Valor: **R$ 5.577.000,00**
Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Público**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA GO-020, GO-139, GO-210, GO-309, GO-330, GO-503, GO-504
Nº: **S/N**
Complemento:
Bairro: **DIVERSOS**
Cidade: **GOIÂNIA**
UF: **GO**
CEP: **74775013**
Data de Início: **04/12/2023**
Previsão de término: **03/12/2025**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade: **INFRAESTRUTURA**
Código: **Não Especificado**
Proprietário: **Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes - GOINFRA**
CPF/CNPJ: **03.520.933/0001-06**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
80 - Projeto > TRANSPORTES > INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA > #4.1.3 - DE INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA	458,53	km

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Elaboração de Projetos Executivos de Engenharia de Restauração, melhorias e manutenção de Rodovias - Região Sudeste - Lote01 - Estudos Hidrológicos

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

SENGE-MG - Sindicato de Engenheiros no Estado de Minas Gerais

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243123506

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

SUBSTITUIÇÃO POR ERRO DE DIGITAÇÃO à MG20232635149
EQUIPE à MG20243122828

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Edwin Araújo Fonseca

EDWIN ARAÚJO FONSECA - CPF: 021.068.423-25

_____, _____ de _____ de _____

Local data

Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes - GOINFRA - CNPJ: 03.520.933/0001-06

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Esta ART é isenta de taxa

Registrada em: **09/07/2024**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: Z9yaa
Impresso em: 10/07/2024 às 14:29:01 por: , ip: 177.39.10.238

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243316714

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE à MG20243122828

1. Responsável Técnico

RAFAELA DA SILVA CRUZ

Título profissional: **ENGENHEIRA CIVIL**

RNP: **1414350368**
Registro: **MG0000192283D MG**

Empresa contratada: **STRATA ENGENHARIA LTDA**

Registro Nacional: **0000067953-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes - GOINFRA**

CPF/CNPJ: **03.520.933/0001-06**

AVENIDA GOVERNADOR JOSÉ LUDOVICO DE ALMEIDA

Nº: **20**

Complemento:

Bairro: **CONJUNTO CAIÇARA**

Cidade: **GOIÂNIA**

UF: **GO**

CEP: **74775013**

Contrato: **94/2023 - GOINFRA**

Celebrado em: **21/09/2023**

Valor: **R$ 5.577.000,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Público**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA GO-020, GO-139, GO-210, GO-309, GO-330, GO-503, GO-504

Nº: **S/N**

Complemento:

Bairro: **DIVERSOS**

Cidade: **GOIÂNIA**

UF: **GO**

CEP: **74775013**

Data de Início: **04/12/2023**

Previsão de término: **03/12/2025**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **INFRAESTRUTURA**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes - GOINFRA**

CPF/CNPJ: **03.520.933/0001-06**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
80 - Projeto > TRANSPORTES > INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA > #4.1.3 - DE INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA	468,53	km

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Elaboração de Projetos Executivos de Engenharia de Restauração, melhorias e manutenção de Rodovias - Região Sudeste - Lote01 - Condição da superfície do pavimento e acostamentos (IRI, deflectometria, LVC); Estudos Geotécnicos (Instrução de Projeto - IP 07) e Estudos de Travessias Urbanas.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

SENGE-MG - Sindicato de Engenheiros no Estado de Minas Gerais

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243316714

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE à MG20243122828

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

_____, _____ de _____ de _____
Local data

RAFAELA DA SILVA CRUZ - CPF: 015.770.276-63

Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes - GOINFRA - CNPJ: 03.520.933/0001-06

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R$ 99,64** Registrada em: **12/09/2024** Valor pago: **R$ 99,64** Nosso Número: **8605664691**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: 8830C
Impresso em: 13/09/2024 às 08:35:51 por: , ip: 177.39.10.238

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243316714

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE à MG20243122828

1. Responsável Técnico

RAFAELA DA SILVA CRUZ

Título profissional: **ENGENHEIRA CIVIL**

RNP: **1414350368**
Registro: **MG0000192283D MG**

Empresa contratada: **STRATA ENGENHARIA LTDA**

Registro Nacional: **0000067953-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes - GOINFRA**

CPF/CNPJ: **03.520.933/0001-06**

AVENIDA GOVERNADOR JOSÉ LUDOVICO DE ALMEIDA

Nº: **20**

Complemento:

Bairro: **CONJUNTO CAIÇARA**

Cidade: **GOIÂNIA**

UF: **GO**

CEP: **74775013**

Contrato: **94/2023 - GOINFRA**

Celebrado em: **21/09/2023**

Valor: **R$ 5.577.000,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Público**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA GO-020, GO-139, GO-210, GO-309, GO-330, GO-503, GO-504

Nº: **S/N**

Complemento:

Bairro: **DIVERSOS**

Cidade: **GOIÂNIA**

UF: **GO**

CEP: **74775013**

Data de Início: **04/12/2023**

Previsão de término: **03/12/2025**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **INFRAESTRUTURA**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes - GOINFRA**

CPF/CNPJ: **03.520.933/0001-06**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
80 - Projeto > TRANSPORTES > INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA > #4.1.3 - DE INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA	468,53	km

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Elaboração de Projetos Executivos de Engenharia de Restauração, melhorias e manutenção de Rodovias - Região Sudeste - Lote01 - Condição da superfície do pavimento e acostamentos (IRI, deflectometria, LVC); Estudos Geotécnicos (Instrução de Projeto - IP 07) e Estudos de Travessias Urbanas.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

SENGE-MG - Sindicato de Engenheiros no Estado de Minas Gerais

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243316714

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE à MG20243122828

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

_____, _____ de _____ de _____
Local data

RAFAELA DA SILVA CRUZ - CPF: 015.770.276-63

Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes - GOINFRA - CNPJ: 03.520.933/0001-06

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R$ 99,64** Registrada em: **12/09/2024** Valor pago: **R$ 99,64** Nosso Número: **8605664691**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: 8830C
Impresso em: 13/09/2024 às 08:35:51 por: , ip: 177.39.10.238

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243316714

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE à MG20243122828

1. Responsável Técnico

RAFAELA DA SILVA CRUZ

Título profissional: **ENGENHEIRA CIVIL**

RNP: **1414350368**
Registro: **MG0000192283D MG**

Empresa contratada: **STRATA ENGENHARIA LTDA**

Registro Nacional: **0000067953-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes - GOINFRA**

CPF/CNPJ: **03.520.933/0001-06**

AVENIDA GOVERNADOR JOSÉ LUDOVICO DE ALMEIDA

Nº: **20**

Complemento:

Bairro: **CONJUNTO CAIÇARA**

Cidade: **GOIÂNIA**

UF: **GO**

CEP: **74775013**

Contrato: **94/2023 - GOINFRA**

Celebrado em: **21/09/2023**

Valor: **R$ 5.577.000,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Público**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA GO-020, GO-139, GO-210, GO-309, GO-330, GO-503, GO-504

Nº: **S/N**

Complemento:

Bairro: **DIVERSOS**

Cidade: **GOIÂNIA**

UF: **GO**

CEP: **74775013**

Data de Início: **04/12/2023**

Previsão de término: **03/12/2025**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **INFRAESTRUTURA**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes - GOINFRA**

CPF/CNPJ: **03.520.933/0001-06**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
80 - Projeto > TRANSPORTES > INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA > #4.1.3 - DE INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA	468,53	km

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Elaboração de Projetos Executivos de Engenharia de Restauração, melhorias e manutenção de Rodovias - Região Sudeste - Lote01 - Condição da superfície do pavimento e acostamentos (IRI, deflectometria, LVC); Estudos Geotécnicos (Instrução de Projeto - IP 07) e Estudos de Travessias Urbanas.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

SENGE-MG - Sindicato de Engenheiros no Estado de Minas Gerais

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243316714

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE à MG20243122828

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

_____, _____ de _____ de _____
Local data

RAFAELA DA SILVA CRUZ - CPF: 015.770.276-63

Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes - GOINFRA - CNPJ: 03.520.933/0001-06

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R$ 99,64** Registrada em: **12/09/2024** Valor pago: **R$ 99,64** Nosso Número: **8605664691**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: 8830C
Impresso em: 13/09/2024 às 08:35:51 por: , ip: 177.39.10.238

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20253979077

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

SUBSTITUIÇÃO POR ERRO DE DIGITAÇÃO à MG20243122828
EQUIPE - ART PRINCIPAL

1. Responsável Técnico

PAULO ROMEU ASSUNCAO GONTIJO
Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**
RNP: **1404964738**
Registro: **0400000010640MG**

Empresa contratada: **STRATA ENGENHARIA LTDA**
Registro Nacional: **0000067953-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes - GOINFRA**
CPF/CNPJ: **03.520.933/0001-06**
AVENIDA GOVERNADOR JOSÉ LUDOVICO DE ALMEIDA
Nº: **20**
Complemento:
Bairro: **CONJUNTO CAIÇARA**
Cidade: **GOIÂNIA**
UF: **GO**
CEP: **74775013**

Contrato: **94/2023 - GOINFRA**
Celebrado em: **21/09/2023**
Valor: **R$ 5.577.000,00**
Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Público**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA GO-020, GO-139, GO-210, GO-309, GO-330, GO-503, GO-504
Nº: **S/N**
Complemento:
Bairro: **DIVERSOS**
Cidade: **GOIÂNIA**
UF: **GO**
CEP: **74775013**
Data de Início: **04/12/2023**
Previsão de término: **03/12/2025**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade: **INFRAESTRUTURA**
Código: **Não Especificado**
Proprietário: **Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes - GOINFRA**
CPF/CNPJ: **03.520.933/0001-06**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
80 - Projeto > TRANSPORTES > INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA > #4.1.3 - DE INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA	458,53	km

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Projeto de Drenagem, Projeto de Pavimentação , Projeto de Sinalização, Projeto de Obras Complementares, Componente Sócio - Ambiental e Orçamento e Planejamento.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

SENGE-MG - Sindicato de Engenheiros no Estado de Minas Gerais

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20253979077

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

SUBSTITUIÇÃO POR ERRO DE DIGITAÇÃO à MG20243122828
EQUIPE - ART PRINCIPAL

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

PAULO ROMEU ASSUNCAO GONTIJO - CPF: 108.825.026-20

_____, _____ de _____ de _____
Local data

Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes - GOINFRA - CNPJ: 03.520.933/0001-06

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Esta ART é isenta de taxa

Registrada em: **27/05/2025**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: ybYdc
Impresso em: 16/06/2025 às 14:17:12 por: , ip: 177.55.229.184

8 – TERMO DE ENCERRAMENTO

O presente volume denominado **Volume 1 – Relatório do Projeto** possui 1788 (Hum mil setecentas e oitenta e oito) páginas numeradas em ordem sequencial crescente, inclusive esta.

Belo Horizonte, Novembro/2025

Paulo Romeu Assunção Gontijo
Coordenador