

GOVERNO DE GOIÁS
SECRETARIA DE ESTADO DA INFRAESTRUTURA – SEINFRA
PREFEITURA MUNICIPAL DE APARECIDA DE GOIÂNIA

**Projeto Executivo de Engenharia para Geometria, Terraplenagem,
Pavimentação, Drenagem, Obras de Artes Especiais, Paisagismo e
Sinalização**

Ligação Viária Avenida Copacabana / Vale das Pombas

VOLUME 01 – RELATÓRIO DE PROJETO

Trecho: Ligação Viária Avenida Copacabana / Vale das Pombas
Processo: 2021.364.426

MAIO/2026

GOVERNO DE GOIÁS
SECRETARIA DE ESTADO DA INFRAESTRUTURA – SEINFRA
PREFEITURA MUNICIPAL DE APARECIDA DE GOIÂNIA

**Projeto Executivo de Engenharia para Geometria, Terraplenagem,
Pavimentação, Drenagem, Obras de Artes Especiais, Paisagismo e
Sinalização**

Ligação Viária Avenida Copacabana / Vale das Pombas

VOLUME 01 – RELATÓRIO DE PROJETO

COORDENAÇÃO:
ELABORAÇÃO:

Secretaria de Infraestrutura
Basitec Projetos e Construções Ltda

Índice

1	APRESENTAÇÃO	5
1.1	MAPA DE LOCALIZAÇÃO.....	5
1.2	ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART)	7
2	DESCRIÇÃO DO PROJETO.....	10
3	ESTUDOS TOPOGRÁFICOS	14
4	ESTUDOS GEOTÉCNICOS.....	18
4.1	METODOLOGIA	18
4.2	ESTUDOS DO SUBLEITO.....	18
4.2.1	<i>Análise Estatística e Índice de Suporte de Projeto</i>	<i>19</i>
4.2.2	<i>Estudo dos Cortes</i>	<i>22</i>
4.2.3	<i>Ocorrências de Solo Mole.....</i>	<i>22</i>
4.3	ESTUDO DOS EMPRÉSTIMOS	22
4.4	JAZIDA	22
4.5	PEDREIRA E AREAL	28
4.5.1	<i>Ensaaios.....</i>	<i>29</i>
4.6	SONDAGEM SPT.....	41
5	ESTUDOS HIDROLÓGICOS.....	50
5.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE PROJETO	50
5.1.1	<i>Geologia.....</i>	<i>53</i>
5.1.2	<i>Geomorfologia</i>	<i>54</i>
5.1.3	<i>Solos.....</i>	<i>56</i>
5.1.4	<i>Relevo</i>	<i>58</i>
5.1.5	<i>Vegetação</i>	<i>59</i>
5.1.6	<i>Hidrografia</i>	<i>60</i>
5.1.7	<i>Clima e condições meteorológicas.....</i>	<i>61</i>
5.1.8	<i>Temperatura</i>	<i>63</i>
5.1.9	<i>Umidade Relativa do Ar</i>	<i>63</i>
5.1.10	<i>Insolação.....</i>	<i>64</i>
5.1.11	<i>Ventos.....</i>	<i>64</i>
5.1.12	<i>Pluviometria</i>	<i>64</i>
5.1.13	<i>Fluviometria</i>	<i>68</i>
5.2	METODOLOGIA DO ESTUDO HIDROLÓGICO	68
5.2.1	<i>Período de Recorrência</i>	<i>68</i>
5.2.2	<i>Determinação da Intensidade de Chuva</i>	<i>69</i>
5.2.3	<i>Equação de Chuva</i>	<i>76</i>
5.2.4	<i>Justificativa para Adoção da Equação de Chuva para Região de Aparecida de Goiânia ...</i>	<i>83</i>
5.2.5	<i>Justificativa Para Adoção das Estações Pluviométricas</i>	<i>87</i>
5.2.6	<i>Métodos de Dimensionamento das Vazões Excedentes</i>	<i>88</i>
5.2.7	<i>Determinação do Coeficiente de Escoamento</i>	<i>88</i>
5.2.8	<i>Coeficiente de Escoamento Superficial – “c”</i>	<i>88</i>
5.2.9	<i>Método do "Soil Conservation Service"(SCS)</i>	<i>89</i>
5.2.10	<i>Definição dos Dados Físicos das Bacias Hidrográficas</i>	<i>92</i>
5.2.11	<i>Tempo de Concentração</i>	<i>93</i>
5.2.12	<i>Método Racional</i>	<i>93</i>
5.2.13	<i>Método Racional Corrigido</i>	<i>94</i>
5.2.14	<i>Hidrograma unitário</i>	<i>94</i>
5.2.15	<i>Bases Cartográficas e Dados Topográficos</i>	<i>96</i>

5.2.16	Resultados do Estudo Hidrológico	96
5.2.17	Capacidade Hidráulica nas Seções das Obras de Arte Especiais	100
5.3	ESTUDO HIDRÁULICO	100
5.3.1	Estudos Geomorfológicos da OAE.....	100
5.3.2	Dados Topográficos	102
5.3.3	Comportamento e Histórico Hidráulico.....	102
5.3.4	Dimensionamento Hidráulico.....	103
5.3.5	Verificação de Curso D'água Espalhados e Confinados	105
5.3.6	Influência de Remansos	105
5.3.7	Verificação do Vão.....	105
5.3.8	Verificação da Velocidade.....	105
5.3.9	Coeficiente de Rugosidade	105
5.3.10	Número de Froude.....	106
5.3.11	Resultados do Dimensionamento Hidráulico.....	107
5.3.12	Seções Batimétricas.....	108
5.3.13	Mapa da bacia hidrográfica	110
6	PROJETO GEOMÉTRICO	112
6.1	DESCRIÇÃO DO PROJETO.....	112
6.1.1	Notas de Serviço	114
7	PROJETO DE TERRAPLENAGEM	115
7.1	ELABORAÇÃO DO PROJETO DE TERRAPLENAGEM	115
7.2	SEÇÃO TRANSVERSAL TIPO	115
7.3	CÁLCULO DOS VOLUMES E DIAGRAMA DE MASSAS	116
7.4	CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS DA TERRAPLENAGEM	116
7.4.1	Ajuste de volumes.....	117
7.5	REBAIXOS DE SUBLEITO.....	117
7.6	REBAIXOS DE CORTE	118
7.7	DETERMINAÇÃO DAS DISTÂNCIAS DE TRANSPORTE	119
7.8	ORIENTAÇÕES DE TERRAPLENAGEM	119
7.8.1	Instruções para Confecção dos Aterros.....	119
7.9	RESUMO DOS CÁLCULOS DE VOLUMES DE TERRAPLENAGEM	120
7.9.1	Planilhas de Cálculo de Volumes	120
7.10	QUADRO RESUMO DE TERRAPLENAGEM INTEGRAL	120
7.11	PLANO DE RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS DE EMPRÉSTIMO.....	121
8	PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO	123
8.1	CARACTERIZAÇÃO DO TRÁFEGO ATUANTE	123
8.2	CAPACIDADE DE SUPORTE DO SUBLEITO.....	123
8.3	MATERIAIS PARA PAVIMENTAÇÃO	124
8.3.1	Materiais Pétreos	124
8.3.2	Massa Asfáltica	124
8.3.3	Materiais Betuminosos	124
8.4	DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA DO PAVIMENTO FLEXÍVEL.....	124
8.4.1	Materiais.....	126
8.4.2	Descrição do Projeto	126
8.5	QUADROS COMPLEMENTARES.....	126
8.5.1	Planilha Resumo de Quantitativos.....	126
8.5.2	Cálculo de Distância de Transporte de Material Granular	127
8.5.3	Distância Média de Transporte	127
8.5.4	Quadro Resumo de Consumo de Materiais	128
8.6	LINEAR DE DISTRIBUIÇÃO DE MATERIAL PARA PAVIMENTAÇÃO	129
9	PROJETO DE DRENAGEM.....	130
9.1	ELABORAÇÃO DO PROJETO DE DRENAGEM	130

9.2	DRENAGEM SUPERFICIAL	130
9.2.1	<i>Meio-fio</i>	130
9.2.2	<i>Sarjeta de corte</i>	132
9.2.3	<i>Valetas de proteção</i>	133
9.2.4	<i>Entradas e Descidas D'água</i>	135
9.2.5	<i>Dissipadores de energia</i>	136
9.2.6	<i>Dissipadores de Energia</i>	137
9.2.7	<i>Segmentos de transposição de sarjetas</i>	138
9.2.8	<i>Aberturas no passeio</i>	139
9.3	DRENAGEM SUBTERRÂNEA.....	139
9.3.1	<i>Drenos Longitudinais Profundos</i>	139
9.4	GALERIAS DE ÁGUAS PLUVIAIS	140
9.5	OBRAS DE ARTE CORRENTES	140
9.5.1	<i>Considerações do Projeto de Drenagem</i>	141
10	PROJETO DE SINALIZAÇÃO	143
10.1	SINALIZAÇÃO VERTICAL	143
10.1.1	<i>Sinais de Regulamentação</i>	144
10.1.2	<i>Sinais de Advertência</i>	144
10.1.3	<i>Sinais de Indicação</i>	144
10.2	SINALIZAÇÃO HORIZONTAL	144
10.2.1	<i>Marcas Longitudinais</i>	144
10.2.2	<i>Marcas Transversais e Inscrições no Pavimento</i>	145
10.2.3	<i>Dispositivos Auxiliares</i>	146
10.3	SINALIZAÇÃO DE OBRAS.....	146
11	PROJETO DE OBRAS COMPLEMENTARES.....	148
11.1	CADASTRO DE INTERFERÊNCIAS	148
11.2	CALÇADA DE PEDESTRE.....	148
11.3	CICLOVIA	149
11.4	RECUPERAÇÃO VEGETAL	149
11.5	DEFENSA METÁLICA	149
11.5.1	<i>Terminais de Dispositivos de Contenção Longitudinal</i>	149
11.5.2	<i>Cerca de Madeira, Grade e Muro</i>	150
12	PROJETO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS	151
12.1	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E NORMAS TÉCNICAS	153
12.2	MATERIAIS UTILIZADOS	153
12.3	CONSIDERAÇÕES PARA VIGAS PRÉ-MOLDADAS TIPO “T”:	154
12.4	PREMISSAS DO MODELO CONSTRUTIVO ADOTADO	154
12.4.1	<i>Superestrutura</i>	154
12.4.2	<i>Sistema estrutural – pré-tração</i>	154
12.4.3	<i>Sistema com longarinas justapostas</i>	155
12.4.4	<i>Infraestrutura</i>	155
12.4.5	<i>Compatibilidade entre Solução de Projeto e Orçamento</i>	155
13	DIAGRAMA DE LOCALIZAÇÃO DAS FONTES DE MATERIAIS PARA PAVIMENTAÇÃO E INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS.....	156
14	ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇO	158
15	TERMO DE ENCERRAMENTO	161

1 APRESENTAÇÃO

O presente relatório denominado de Volume 01 – Relatório de Projeto é parte integrante do Projeto Executivo de Engenharia para a Ligação Viária correspondente a interligação da Avenida Copacabana, no Loteamento Real Grandeza, com a Avenida Vale das Pombas (estrada velha para Bela Vista), no setor Vale das Pombas.

O trabalho é composto pelos seguintes volumes:

- Volume 01 – Relatório de Projeto;
- Volume 02 – Projeto de Execução;
- Volume 3A – Notas de Serviço e Cálculos de Volumes de Terraplenagem;
- Volume 3B – Estudos Geotécnicos;
- Volume 3E – Memorial de Cálculos Estruturais;
- Volume 04 – Orçamento e Planejamento.

1.1 MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 1: Mapa de localização regional



Figura 2: Mapa de Localização local

1.2 ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART)

25/02/2025, 09:57

Anotação de Responsabilidade Técnica ART - Lei 6.496/1977, Res. 1025/2009




Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-GO

ART Obra ou serviço
1020250054812

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Goiás

Substituição à 1020240042987

1. Responsável Técnico(a) ANTONIO ALBERTO BASILIO Título profissional: Engenheiro Civil , Empresa contratada: BASITEC PROJETOS E CONSTRUCOES LTDA - Registro CREA-GO: 3552		RNP: 2601002417 Registro: 31482/D-SP																																																
2. Dados do Contrato Contratante: MUNICÍPIO DE APARECIDA DE GOIÂNIA CPF/CNPJ: 01.005.727/0001-24 Rua Gervasio Pinheiro, Nº SN Bairro: Residencial Village Garavelo CEP: 74968-500 Quadra: - Lote: - Complemento: ÁREA PÚBLICA Nº2 Cidade: Aparecida de Goiânia-GO E-Mail: Contrato: 822-2022-SEL Celebrado em: 18/07/2022 Valor Obra/Serviço R\$: 3.194.604,36 Fone: (-)- Tipo de contratante: Pessoa Jurídica de Direito Público Ação institucional: Nenhuma/Não Aplicável																																																		
3. Dados da Obra/Serviço Avenida Copacabana, Nº SN Bairro: Vale das Pombas CEP: 74988-820 Quadra: - Lote: - Complemento: Cidade: Aparecida de Goiânia-GO Data de Início: 01/08/2022 Previsão término: 31/03/2024 Coordenadas Geográficas: -16.823325906,-49.209965669 Finalidade: Infra-estrutura CPF/CNPJ: 01.005.727/0001-24 Proprietário(a): MUNICÍPIO DE APARECIDA DE GOIÂNIA Tipo de proprietário(a): Pessoa Jurídica de Direito Público E-Mail: Fone: (-) -																																																		
4. Atividade Técnica <table border="0"> <tr> <td>ATUACAO</td> <td>Quantidade</td> <td>Unidade</td> </tr> <tr> <td>PROJETO DRENAGEM</td> <td>7,00</td> <td>QUILOMETROS</td> </tr> <tr> <td>PROJETO RODOVIA COM PAVIMENTAÇÃO</td> <td>7,00</td> <td>QUILOMETROS</td> </tr> <tr> <td>PROJETO TERRAPLENAGEM</td> <td>7,00</td> <td>QUILOMETROS</td> </tr> <tr> <td>PROJETO SERVICOS AFINS E CORRELATOS EM TRANSPORTES</td> <td>7,00</td> <td>QUILOMETROS</td> </tr> <tr> <td>PROJETO SINALIZACAO</td> <td>7,00</td> <td>QUILOMETROS</td> </tr> <tr> <td>ORCAMENTO RODOVIA COM PAVIMENTAÇÃO</td> <td>7,00</td> <td>QUILOMETROS</td> </tr> <tr> <td>PROJETO PONTE, VIADUTO OU ELEVADO DE CONCRETO</td> <td>60,00</td> <td>METROS</td> </tr> <tr> <td>SUPERVISAO OU COORDENACAO</td> <td>Quantidade</td> <td>Unidade</td> </tr> <tr> <td>PROJETO RODOVIA COM PAVIMENTAÇÃO</td> <td>7,00</td> <td>QUILOMETROS</td> </tr> <tr> <td>PROJETO TERRAPLENAGEM</td> <td>7,00</td> <td>QUILOMETROS</td> </tr> <tr> <td>PROJETO DRENAGEM</td> <td>7,00</td> <td>QUILOMETROS</td> </tr> <tr> <td>PROJETO SERVICOS AFINS E CORRELATOS EM TRANSPORTES</td> <td>7,00</td> <td>QUILOMETROS</td> </tr> <tr> <td>PROJETO SINALIZACAO</td> <td>7,00</td> <td>QUILOMETROS</td> </tr> <tr> <td>PROJETO PONTE, VIADUTO OU ELEVADO DE CONCRETO</td> <td>60,00</td> <td>METROS</td> </tr> <tr> <td>ORCAMENTO RODOVIA COM PAVIMENTAÇÃO</td> <td>7,00</td> <td>QUILOMETROS</td> </tr> </table> <p><i>O registro da A.R.T. não obriga ao CREA-GO a emitir a Certidão de Acervo Técnico (C.A.T.), a confecção e emissão do documento apenas ocorrerá se as atividades declaradas na A.R.T. forem condizentes com as atribuições do(a) Profissional. As informações constantes desta ART são de responsabilidade do(a) profissional. Este documento poderá, a qualquer tempo, ter seus dados, preenchimento e atribuições profissionais conferidos pelo CREA-GO.</i></p> <p><i>Após a conclusão das atividades técnicas o(a) profissional deverá proceder a baixa desta ART</i></p>			ATUACAO	Quantidade	Unidade	PROJETO DRENAGEM	7,00	QUILOMETROS	PROJETO RODOVIA COM PAVIMENTAÇÃO	7,00	QUILOMETROS	PROJETO TERRAPLENAGEM	7,00	QUILOMETROS	PROJETO SERVICOS AFINS E CORRELATOS EM TRANSPORTES	7,00	QUILOMETROS	PROJETO SINALIZACAO	7,00	QUILOMETROS	ORCAMENTO RODOVIA COM PAVIMENTAÇÃO	7,00	QUILOMETROS	PROJETO PONTE, VIADUTO OU ELEVADO DE CONCRETO	60,00	METROS	SUPERVISAO OU COORDENACAO	Quantidade	Unidade	PROJETO RODOVIA COM PAVIMENTAÇÃO	7,00	QUILOMETROS	PROJETO TERRAPLENAGEM	7,00	QUILOMETROS	PROJETO DRENAGEM	7,00	QUILOMETROS	PROJETO SERVICOS AFINS E CORRELATOS EM TRANSPORTES	7,00	QUILOMETROS	PROJETO SINALIZACAO	7,00	QUILOMETROS	PROJETO PONTE, VIADUTO OU ELEVADO DE CONCRETO	60,00	METROS	ORCAMENTO RODOVIA COM PAVIMENTAÇÃO	7,00	QUILOMETROS
ATUACAO	Quantidade	Unidade																																																
PROJETO DRENAGEM	7,00	QUILOMETROS																																																
PROJETO RODOVIA COM PAVIMENTAÇÃO	7,00	QUILOMETROS																																																
PROJETO TERRAPLENAGEM	7,00	QUILOMETROS																																																
PROJETO SERVICOS AFINS E CORRELATOS EM TRANSPORTES	7,00	QUILOMETROS																																																
PROJETO SINALIZACAO	7,00	QUILOMETROS																																																
ORCAMENTO RODOVIA COM PAVIMENTAÇÃO	7,00	QUILOMETROS																																																
PROJETO PONTE, VIADUTO OU ELEVADO DE CONCRETO	60,00	METROS																																																
SUPERVISAO OU COORDENACAO	Quantidade	Unidade																																																
PROJETO RODOVIA COM PAVIMENTAÇÃO	7,00	QUILOMETROS																																																
PROJETO TERRAPLENAGEM	7,00	QUILOMETROS																																																
PROJETO DRENAGEM	7,00	QUILOMETROS																																																
PROJETO SERVICOS AFINS E CORRELATOS EM TRANSPORTES	7,00	QUILOMETROS																																																
PROJETO SINALIZACAO	7,00	QUILOMETROS																																																
PROJETO PONTE, VIADUTO OU ELEVADO DE CONCRETO	60,00	METROS																																																
ORCAMENTO RODOVIA COM PAVIMENTAÇÃO	7,00	QUILOMETROS																																																
5. Observações Coordenação e Elaboração de projeto executivo de engenharia da ligação viária da Avenida Copacabana, em pista dupla, no Loteamento Real Grandeza com a Avenida Vale das Pombas no Setor Vale das Pombas, contemplando o levantamento topográfico e consultas de interferências, elaboração de projetos de geometria, terraplanagem, pavimentação, drenagem, obras de arte especiais, paisagismo (plantio de grama em canteiros/taíldes) e sinalização. Numa extensão de 3,5 Km de cada pista e 30 m de cada ponte.																																																		
6. Declarações Acessibilidade: Não: Declaro que as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, não se aplicam às atividades profissionais acima relacionadas.																																																		
7. Entidade de Classe NENHUMA		9. Informações - A ART é válida somente após a conferência e o CREA-GO receber a informação do PAGAMENTO PELO BANCO. - A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.creago.org.br . - A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do(a) profissional e do(a) contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual. - Não é mais necessário enviar o documento original para o CREA-GO. O CREA-GO não mais afixará carimbo na nova ART.																																																
8. Assinaturas Declaro serem verdadeiras as informações acima _____, de _____ de _____ Local _____ Data _____  ANTONIO ALBERTO BASILIO - CPF: 474.514.678-72																																																		
MUNICÍPIO DE APARECIDA DE GOIÂNIA - CPF/CNPJ: 01.005.727/0001-24																																																		

https://www3.crea-go.org.br/art1025/funcões/form_impressao.php?NUMERO_DA_ART=1020250054812

1/2

25/02/2025, 09:57

Anotação de Responsabilidade Técnica ART - Lei 6.496/1977, Res. 1025/2009

Valor da ART: 103,03	Registrada em 24/02/2025	Valor Pago R\$ 0,00	Nosso Numero	Situação Registrada/OK		Não possui Livro de Ordem	Não Possui CAT/CAO
--------------------------------	------------------------------------	-------------------------------	---------------------	----------------------------------	--	--	-------------------------------------

https://www3.crea-go.org.br/art1025/funcoes/form_impressao.php?NUMERO_DA_ART=1020250054812

2/2

25/02/2025, 09:58

Anotação de Responsabilidade Técnica ART - Lei 6.496/1977, Res. 1025/2009




Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-GO
ART Obra ou serviço
1020250054838

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Goiás

Substituição à 1020240044020

1. Responsável Técnico(a) RAFAEL BASILIO RNP: 1007749008 Título profissional: Engenheiro Civil, Registro: 8130/D-GO Empresa contratada: BASITEC PROJETOS E CONSTRUÇÕES LTDA - Registro CREA-GO: 3552																																					
2. Dados do Contrato Contratante: MUNICÍPIO DE APARECIDA DE GOIÂNIA CPF/CNPJ: 01.005.727/0001-24 Rua Gervasio Pinheiro, N° SN Bairro: Residencial Village Garavelo CEP: 74968-500 Quadra: - Lote: - Complemento: ÁREA PÚBLICA N°2 Cidade: Aparecida de Goiânia-GO E-Mail: Fone: (-)- Contrato: 822-2022-SEL Celebrado em: 18/07/2022 Valor Obra/Serviço R\$: 3.194.604,36 Tipo de contratante: Pessoa Jurídica de Direito Público Ação institucional: Nenhuma/Não Aplicável																																					
3. Dados da Obra/Serviço Avenida Copacabana, N° SN Bairro: Vale das Pombas CEP: 74988-820 Quadra: - Lote: - Complemento: Cidade: Aparecida de Goiânia-GO Data de Início: 01/08/2022 Previsão término: 31/03/2024 Coordenadas Geográficas: -16.823325906,-49.209965669 Finalidade: Infra-estrutura Proprietário(a): MUNICÍPIO DE APARECIDA DE GOIÂNIA CPF/CNPJ: 01.005.727/0001-24 E-Mail: Fone: (-) - Tipo de proprietário(a): Pessoa Jurídica de Direito Público																																					
4. Atividade Técnica <table border="1"> <thead> <tr> <th>ATUACAO</th> <th>Quantidade</th> <th>Unidade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PROJETO RODOVIA COM PAVIMENTAÇÃO</td> <td>7,00</td> <td>QUILOMETROS</td> </tr> <tr> <td>PROJETO DRENAGEM</td> <td>7,00</td> <td>QUILOMETROS</td> </tr> <tr> <td>PROJETO TERRAPLENAGEM</td> <td>7,00</td> <td>QUILOMETROS</td> </tr> <tr> <td>PROJETO SERVIÇOS AFINS E CORRELATOS EM TRANSPORTES</td> <td>7,00</td> <td>QUILOMETROS</td> </tr> <tr> <td>PROJETO SINALIZAÇÃO</td> <td>7,00</td> <td>QUILOMETROS</td> </tr> <tr> <td>SUPERVISAO OU COORDENACAO</td> <td>Quantidade</td> <td>Unidade</td> </tr> <tr> <td>PROJETO SINALIZAÇÃO</td> <td>7,00</td> <td>QUILOMETROS</td> </tr> <tr> <td>PROJETO TERRAPLENAGEM</td> <td>7,00</td> <td>QUILOMETROS</td> </tr> <tr> <td>PROJETO SERVIÇOS AFINS E CORRELATOS EM TRANSPORTES</td> <td>7,00</td> <td>QUILOMETROS</td> </tr> <tr> <td>PROJETO RODOVIA COM PAVIMENTAÇÃO</td> <td>7,00</td> <td>QUILOMETROS</td> </tr> <tr> <td>PROJETO DRENAGEM</td> <td>7,00</td> <td>QUILOMETROS</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>O registro da A.R.T. não obriga ao CREA-GO a emitir a Certidão de Acervo Técnico (C.A.T.), a confecção e emissão do documento apenas ocorrerá se as atividades declaradas na A.R.T. forem condizentes com as atribuições do(a) Profissional. As informações constantes desta ART são de responsabilidade do(a) profissional. Este documento poderá, a qualquer tempo, ter seus dados, preenchimento e atribuições profissionais conferidos pelo CREA-GO.</i></p> <p><i>Após a conclusão das atividades técnicas o(a) profissional deverá proceder a baixa desta ART</i></p>		ATUACAO	Quantidade	Unidade	PROJETO RODOVIA COM PAVIMENTAÇÃO	7,00	QUILOMETROS	PROJETO DRENAGEM	7,00	QUILOMETROS	PROJETO TERRAPLENAGEM	7,00	QUILOMETROS	PROJETO SERVIÇOS AFINS E CORRELATOS EM TRANSPORTES	7,00	QUILOMETROS	PROJETO SINALIZAÇÃO	7,00	QUILOMETROS	SUPERVISAO OU COORDENACAO	Quantidade	Unidade	PROJETO SINALIZAÇÃO	7,00	QUILOMETROS	PROJETO TERRAPLENAGEM	7,00	QUILOMETROS	PROJETO SERVIÇOS AFINS E CORRELATOS EM TRANSPORTES	7,00	QUILOMETROS	PROJETO RODOVIA COM PAVIMENTAÇÃO	7,00	QUILOMETROS	PROJETO DRENAGEM	7,00	QUILOMETROS
ATUACAO	Quantidade	Unidade																																			
PROJETO RODOVIA COM PAVIMENTAÇÃO	7,00	QUILOMETROS																																			
PROJETO DRENAGEM	7,00	QUILOMETROS																																			
PROJETO TERRAPLENAGEM	7,00	QUILOMETROS																																			
PROJETO SERVIÇOS AFINS E CORRELATOS EM TRANSPORTES	7,00	QUILOMETROS																																			
PROJETO SINALIZAÇÃO	7,00	QUILOMETROS																																			
SUPERVISAO OU COORDENACAO	Quantidade	Unidade																																			
PROJETO SINALIZAÇÃO	7,00	QUILOMETROS																																			
PROJETO TERRAPLENAGEM	7,00	QUILOMETROS																																			
PROJETO SERVIÇOS AFINS E CORRELATOS EM TRANSPORTES	7,00	QUILOMETROS																																			
PROJETO RODOVIA COM PAVIMENTAÇÃO	7,00	QUILOMETROS																																			
PROJETO DRENAGEM	7,00	QUILOMETROS																																			
5. Observações Coordenação e Elaboração de projeto executivo de engenharia da ligação viária da Avenida Copacabana em pista dupla no Loteamento Real Grandeza com a Avenida Vale das Pombas no Setor Vale das Pombas, contemplando o levantamento topográfico e consultas de interferências, elaboração de projetos de geometria, terraplanagem, pavimentação, drenagem, paisagismo (plantio de grama em canteiros/taludes) e sinalização. Numa extensão de 3,5 Km de cada pista.																																					
6. Declarações Acessibilidade: Não: Declaro que as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, não se aplicam às atividades profissionais acima relacionadas.																																					
7. Entidade de Classe NENHUMA	9. Informações - A ART é válida somente após a conferência e o CREA-GO receber a informação do PAGAMENTO PELO BANCO. - A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.creago.org.br . - A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do(a) profissional e do(a) contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual. - Não é mais necessário enviar o documento original para o CREA-GO. O CREA-GO não mais afixará carimbo na nova ART.																																				
8. Assinaturas Declaro serem verdadeiras as informações acima Local _____ de _____ de _____ Data _____  RAFAEL BASILIO - CPF: 530.476.801-91 MUNICÍPIO DE APARECIDA DE GOIÂNIA - CPF/CNPJ: 01.005.727/0001-24	 www.creago.org.br atendimento@creago.org.br Tel: (62) 3221-6200 																																				

Valor da ART: 103,03	Registrada em 24/02/2025	Valor Pago R\$ 0,00	Nosso Numero	Situação Registrada/OK	Não possui Livro de Ordem	Não Possui CAT/CAO
-------------------------	-----------------------------	------------------------	--------------	---------------------------	------------------------------	-----------------------

https://www3.crea-go.org.br/art1025/funcoes/form_impressao.php?NUMERO_DA_ART=1020250054838

1/1

2 DESCRIÇÃO DO PROJETO

A avenida Copacabana encontra-se implantada em pista simples entre a interseção com a avenida Sebastião Lemes Viana e o cemitério municipal de Aparecida de Goiânia.

A proposta é a interligação deste segmento com a avenida das Orquídeas (Estrada Velha para Bela Vista).

Esta ligação viária inicia-se na interseção das vias Alameda Antônio Elias de Deus, Avenida Sebastião Lemes Viana e Avenida Copacabana.

A avenida Antônio Elias de Deus é uma via muito importante que dá acesso a diversos loteamentos empresariais, interligando-os com a rodovia BR-153. Assim sendo, a duplicação de parte da avenida Copacabana e a implantação do trecho restante até a antiga estrada Goiânia-Bela Vista permitirá a integração leste-oeste do município de Aparecida de Goiânia em uma região de franca expansão.

O projeto de duplicação terá seu início a 2.680 metros da interseção das vias Alameda Antônio Elias de Deus, Avenida Sebastião Lemes Viana e Avenida Copacabana, no local onde será feito o acesso ao futuro loteamento industrial chamado DIANOT. Por esta razão, considerou-se que o estaqueamento do trecho irá iniciar na estaca 134+0,000. O segmento entre a estaca 00 e a 134 é parte de um outro projeto desenvolvido pela Prefeitura de Aparecida de Goiânia.

Até a chegada ao cemitério municipal de Aparecida de Goiânia o projeto contempla a duplicação da avenida Copacabana. Após este local o projeto considera a implantação de uma via em pista dupla até a chegada na avenida das Orquídeas (Estrada Velha para Bela Vista).



Figura 3: Início avenida Copacabana

A proposta de duplicação considera a implantação da nova pista no lado esquerdo da via existente. Este lado foi escolhido por ser possível a implantação da nova via sem necessidade de desapropriação de áreas lindeiras.

A estaca inicial do projeto em questão é a 134+0,000 e está no local onde futuramente será projetado o acesso ao DIANOT. A figura abaixo ilustra o local:



Figura 4: Início do trecho / acesso DIANOT

Assim o projeto considerou a implantação de uma via de 8,5 m de largura com um passeio lateral no lado esquerdo. A separação da nova pista da existente será feita por meio de um canteiro central de três metros de largura, o qual abrigará uma ciclovia de 2 metros de seção com dois sentidos de tráfego. Será executado um passeio lateral junto à via existente no seu lado direito. A figura seguinte ilustra esta solução.

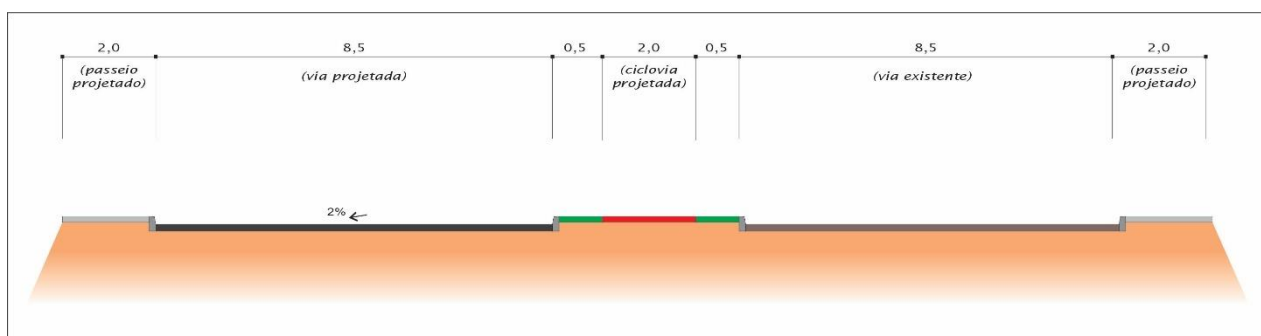


Figura 5: Seção transversal estacas 134+0,000 a 165+0,000



Figura 6: Vista em frente ao Cemitério Municipal

Após o Cemitério Municipal termina o trecho de via pavimentada. A partir deste local até a travessia do ribeirão Santo Antônio a via existente está implantada em leito natural.



Figura 7: Via em leito natural

Este trecho apresenta características rurais com várias chácaras em seu desenvolvimento. Para este segmento foram projetadas duas vias de 8,5 m de largura com passeio lateral apenas no lado externo das vias. A separação viária será feita por meio de um canteiro central de 3 metros de largura que abrigará uma ciclovia de 2 metros de largura.

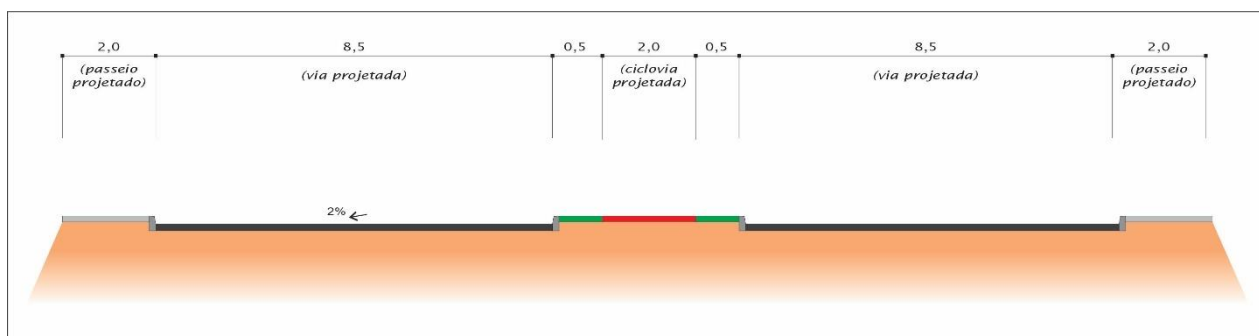


Figura 8: Seção transversal trecho rural

Após a travessia do ribeirão Santo Antônio que será feita por duas pontes de concreto com 30 metros de extensão, a via do lado direito se encontra com uma pista pavimentada que será mantida com sua seção atual, ficando a nova pista no lado esquerdo.

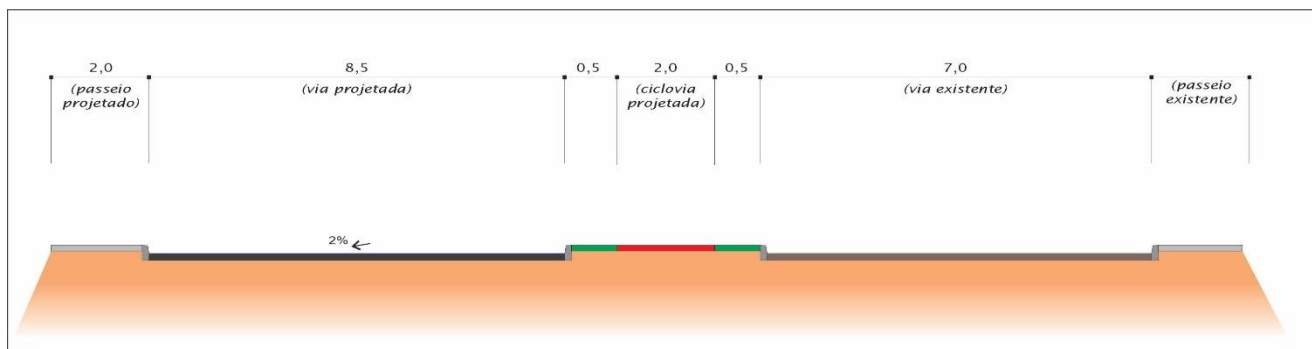


Figura 9: Seção transversal após ribeirão Santo Antônio



Figura 10: Pontilhão existente travessia ribeirão Santo Antônio



Figura 11: Vista rua existente setor Vale das Pombas

3 ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

Os estudos topográficos estão sendo desenvolvidos através de processos convencionais, efetuando-se as amarrações às referências oficiais locais.

Além dos levantamentos de campo, também foi utilizado neste projeto fotografias de satélite.

Os estudos topográficos foram efetuados com base nos seguintes itens de serviço:

a) Transporte e Implantação de referenciais de nível (RNs)

A partir da linha básica de RNs existentes, foram implantados, ao longo do trecho, em locais que não venham a ser atingidos pelas obras futuras, marcos de referência de nível, de acordo com as seguintes prescrições:

- ↳ Os RNs implantados serão materializados no campo através de marcos de concreto e indicados na folha de projeto geométrico;
- ↳ Estão sendo implantados marcos de concreto em locais protegidos e de fácil acesso. Nestes marcos estão descritas as suas coordenadas X, Y e Z, de modo a permitir a materialização do projeto em campo.

b) Levantamentos Planialtimétricos

Sempre a partir da poligonal, ou de outras referências foram feitos os levantamentos do terreno natural, talvegues, cursos d'água, prédios, vias, muros, cercas, meios-fios, árvores, postes, locais de interseções, acessos, obras-de-arte, redes de serviços públicos, obras de arte correntes e complementares, enfim, quaisquer outros elementos que requeiram dados do terreno para ser detalhados.

O cadastro foi efetuado por meio de varredura de pontos com o uso de estação total. As edificações lindeiras a faixa de domínio foram cadastradas nos seus limites, sendo levantadas as suas cotas de soleira.



c) Elaboração de Plantas Topográficas

Com dados decorrentes dos levantamentos planialtimétricos foram elaboradas, com auxílio de software específico para projetos rodoviários, plantas cartográficas em arquivos eletrônicos, onde foi restituída a superfície levantada e foram representados todos os elementos de interesse para o projeto.

Nestas plantas foi desenvolvido o projeto geométrico analítico da via em estudo. Todos os pontos notáveis do eixo, como PI, PC, PT, TS, SC, CS, e ST, foram apresentados com suas três coordenadas, (x, y, z) de modo a permitir a sua materialização em campo.

d) Monografia dos Marcos

VÉRTICE DE APOIO		
Código do Vértice: <i>M-00</i>	Propriedade: LGAÇÃO LESTE	Município/UF: APARECIDA DE GOIÂNIA
Responsável Técnico: LUIZ CARLOS PRADOS		Código do Credenciado: <i>BK0</i>
Sistema Geodésico de Referência: SIRGAS2000		Data das Observações: 13/07/2023
COORDENADAS ELIPSOIDAIS	COORDENADAS PLANAS UTM	PRECISÕES
Latitude (ϕ) = 16°49'17.059697" S	N = 8139335.8400	$\sigma(\phi) =$
Longitude (λ) = 49°12'22.794608" W	E = 691129.9205	$\sigma(\lambda) =$
Altitude Elipsoidal (h) = 773.014	MC = 51°00 Fuso 22	$\sigma(h) =$
Localização: Final do Canteiro Central da Al. Antonio Elias de Deus, confluência da Av. Sebastião Lemes Viana no início da Av. Copacabana, região Leste de Aparecida de Goiânia		
Descrição: Marco de concreto com plaqueta de identificação		
Estações de Referência utilizadas: Posicionamento por Ponto Preciso do IBGE		
Equipamento utilizado: GNSS Marca: Stonex Modelo: Stonex S90II Plus Número de Série: STNS9-2251004		
Fotografia do Vértice 		Croqui de Localização 

VÉRTICE DE APOIO			
Código do Vértice: M-01	Propriedade: LGAÇÃO LESTE	Município/UF: APARECIDA DE GOIÂNIA	
Responsável Técnico: LUIZ CARLOS PRADOS		Código do Credenciado: BK0	
Sistema Geodésico de Referência: SIRGAS2000		Data das Observações: 13/07/2023	
COORDENADAS ELIPSÓIDAIS	COORDENADAS PLANAS UTM	PRECISÕES	
Latitude (ϕ) = 16°47'24.289971" S	N = 8142763.2870	$\sigma(\phi)$ =	
Longitude (λ) = 49°09'57.970006" W	E = 695449.9605	$\sigma(\lambda)$ =	
Altitude Elipsoidal (h) = 685.882	MC = 51°00 Fuso 22	$\sigma(h)$ =	
Localização: Bordo esquerdo da Estrada Vicinal 70 metros antes da esquina com o Estrada velha para Bela Vista	Fotografia do Vértice	Croqui de Localização	
Descrição: Pino metálico com pintura de identificação no asfalto			
Estações de Referência utilizadas: Posicionamento por Ponto Preciso do IBGE			
13 Equipamento utilizado: GNSS Marca: Stonex Modelo: Stonex S90II Plus Número de Série: STNS9-2251004			

Todos os marcos de referência serão registrados em uma Monografia contendo todas as informações geográficas o que permitirá a perfeita implantação do projeto.

Em campo os marcos de referência de nível foram marcados no asfalto de vias pavimentadas por meio da implantação de um parafuso e pintura.

4 ESTUDOS GEOTÉCNICOS

Os estudos geotécnicos foram elaborados de modo a subsidiar os projetos de pavimentação e de terraplenagem.

A pesquisa de materiais foi desenvolvida com o objetivo de proporcionar o conhecimento dos materiais dos cortes, terrenos de fundação dos aterros e, ainda, encontrar a distâncias econômicas e materiais com características aceitáveis para a execução da pavimentação e das demais estruturas necessárias à realização da obra.

Foram desenvolvidos em consonância com as orientações contidas nos seguintes documentos:

- *Instruções de Serviço 206- Estudos Geotécnicos*
- *Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários - Instruções para Apresentação de Relatórios - DNIT/IPR-727-2006*
- *Manual de Implantação Básica de Rodovia - DNIT/IPR-742-2010*
- *Instruções para Acompanhamento e Análise Estudos e Projetos Rodoviários - DNIT/IPR-739-2010*
- *IP-04- Estudos Geológicos GOINFRA*

IP-07- Estudos Geotécnicos GOINFRA

4.1 METODOLOGIA

A pesquisa de materiais foi desenvolvida com o objetivo de proporcionar o conhecimento dos materiais dos cortes, terrenos de fundação dos aterros e, ainda, encontrar a distâncias econômicas materiais com características aceitáveis para a execução da pavimentação e das demais estruturas necessárias à realização da obra.

A sequência metodológica dos Estudos Geotécnicos compreendeu as seguintes etapas:

- *Estudos do subleito, com identificação dos horizontes de solo de mesmas características macroscópicas e determinação de suas características físicas e mecânicas para fins de dimensionamento do pavimento e conhecimento dos materiais para o uso na terraplenagem;*
- *Estudos de cortes, com identificação e caracterização dos materiais a serem movimentados na operação de terraplenagem;*
- *Prospecção de ocorrências de materiais, com definição quantitativo-qualitativa para destinação às camadas do pavimento e do corpo dos aterros, contemplando jazidas de material granular, caixas de empréstimo, pedreiras e áreas.*

4.2 ESTUDOS DO SUBLEITO

Os estudos do subleito objetivaram basicamente caracterizar os materiais que servirão de suporte ao pavimento e foram efetivados à medida da definição do projeto geométrico. Com base no greide de pavimentação projetado, foi elaborado um plano de sondagem, no qual foram estabelecidos os furos de sondagem. Cada furo foi executado com uma profundidade mínima de 1,0 metro abaixo do greide de regularização do subleito nos trechos em aterro e 1,0 metro abaixo do greide acabado para os trechos em corte.

Nos trechos em corte foi executado no mínimo um furo e foi verificada a presença de material de 3ª categoria, presença e profundidade do lençol freático, profundidade e caracterização dos diversos horizontes.

Foram coletados materiais em furos espaçados ao longo do eixo de projeto, nunca distando mais que 200 metros um furo do outro.

Para todos os furos de sondagem foram elaborados boletins de sondagem, nos quais constam as classificações expeditas dos materiais quanto à textura, cor e posição do lençol freático, tendo sido coletadas amostras de cada horizonte atravessado, as quais foram submetidas aos seguintes ensaios:

- *Análise granulométrica de solos por peneiramento (DNER-ME 080/94);*
- *Determinação do limite de liquidez (DNER-ME 122/94);*
- *Determinação do limite de plasticidade (DNER-ME 082/94).*
- *Determinação do Índice de Suporte Califórnia de solos utilizando amostras não trabalhadas (DNER-ME 049/94);*
- *Compactação, determinação de umidade ótima e densidade máxima (DNER-ME 129/94).*
- *Análise granulométrica por sedimentação*

Após a conclusão dos estudos de campo e de laboratório, os materiais foram classificados segundo a HRB, sendo ainda calculados os Índices de Grupo. Foi então definido o perfil geotécnico do trecho em projeto.

4.2.1 Análise Estatística e Índice de Suporte de Projeto

Os resultados dos ensaios foram submetidos a estudos estatísticos, objetivando obter conhecimento geotécnico do subleito e determinar o ISC a ser utilizado no dimensionamento do pavimento.

Para tanto, foi utilizado o plano de amostragem recomendado pelo Manual de Pavimentação do DNIT para a análise estatística dos resultados dos ensaios. Essa metodologia é explicitada a seguir:

Chamando $X_1, X_2, X_3 \dots, X_n$, os valores individuais de qualquer uma das características estudadas do solo, tem-se que:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

$$X_{\min} = \bar{X} - \frac{1,29\sigma}{\sqrt{N}} - 0,68\sigma \quad X_{\max} = \bar{X} + \frac{1,29\sigma}{\sqrt{N}} + 0,68\sigma$$

onde:

Além do cálculo de ISC de acordo com a normativa do DNIT, foi feito o cálculo com base nas orientações da IP-10 da GOINFRA.

De acordo com esta publicação o cálculo do ISC do subleito é feito com base na seguinte fórmula:

$$ISC_p = \overline{ISC} - \frac{\sigma \times t_{0,90}}{\sqrt{n-1}}$$

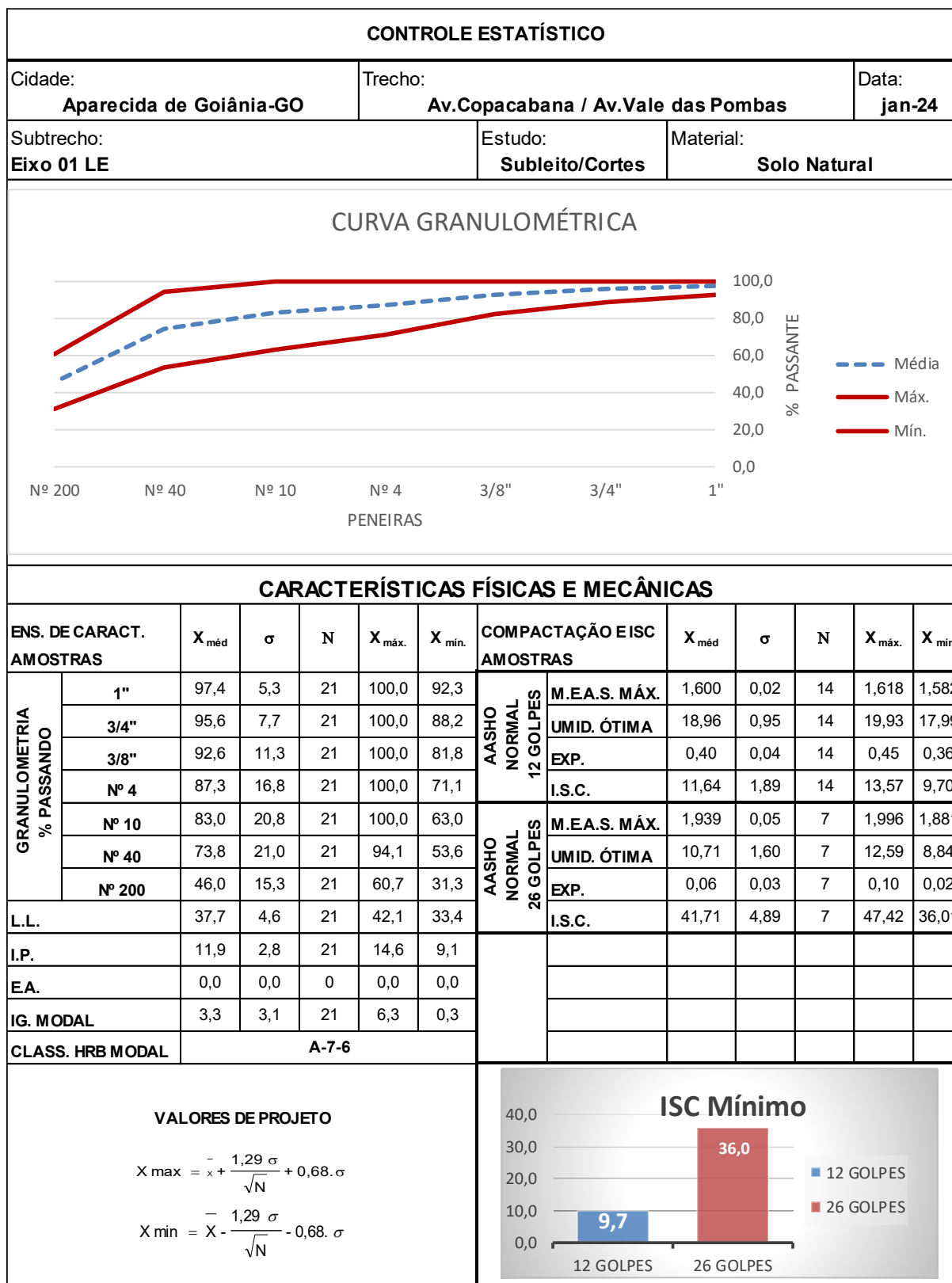
Onde:

ISC : média aritmética dos valores de ISC das “n” amostras ensaiadas

$t_{0,90}$: coeficiente de Student relativo ao intervalo de confiança de 90%

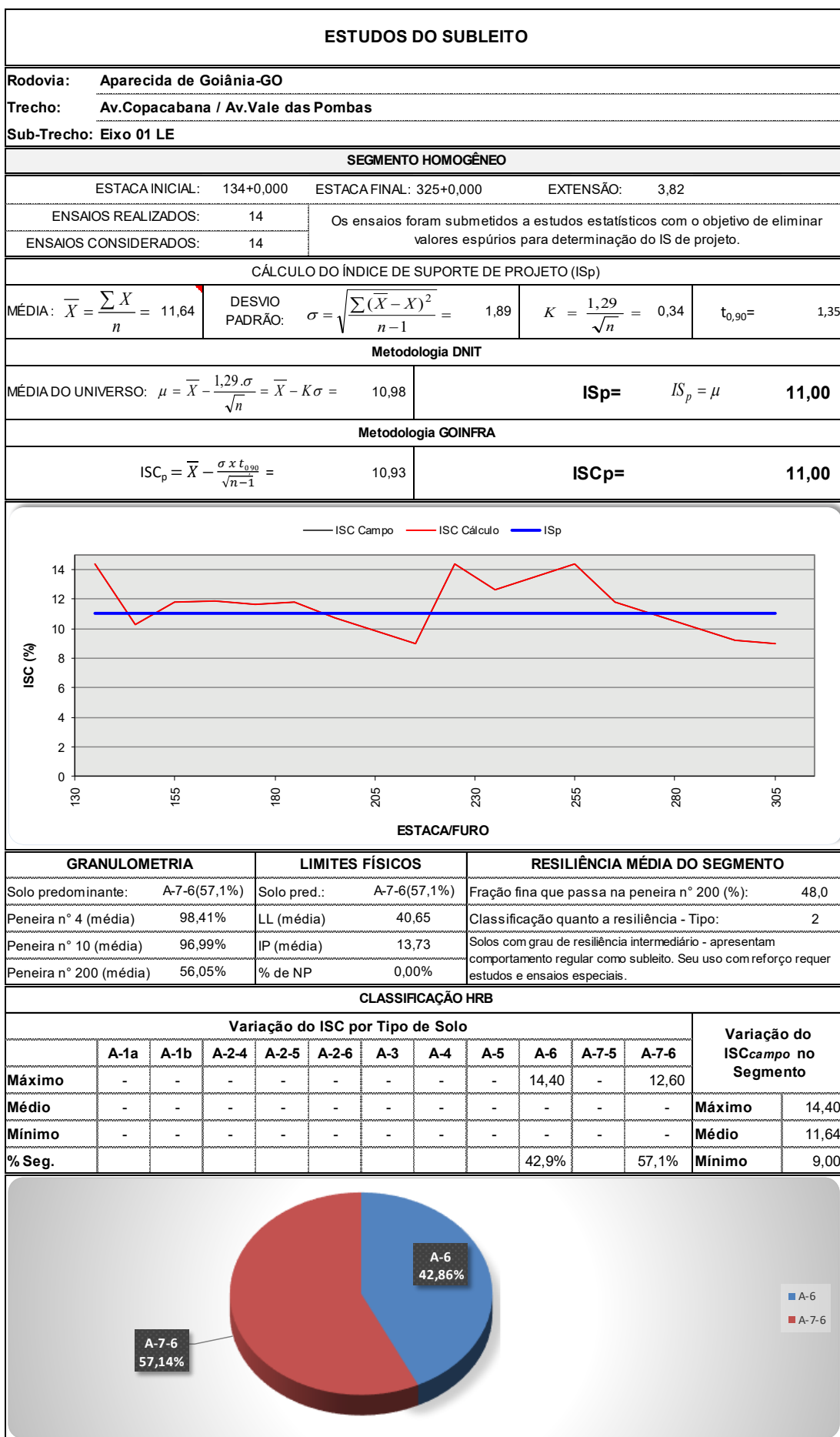
σ : desvio padrão da população dos valores de ISC das “n” amostras ensaiadas

A tabela a seguir apresenta um resumo geral das análises estatísticas realizadas com todos os ensaios executados para o subleito.



Para conferir maior segurança ao dimensionamento do pavimento, na determinação do ISC de projeto, foram rejeitados os valores espúrios, com desvios muito acima do desvio padrão. O valor adotado como ISC de projeto foi o mínimo estatístico, que é de 9%.

A seguir são apresentados os resultados numéricos e gráficos obtidos pela análise estatística do subleito, contendo a variação dos valores de ISC obtidos em laboratório e a variação dos valores considerados para a obtenção do ISC de projeto.



4.2.2 Estudo dos Cortes

As sondagens realizadas no subleito também contemplaram a análise dos materiais dos cortes, tendo em vista a sua classificação e sua distinção quanto à natureza do material de escavação, de modo a permitir a avaliação e a escolha dos equipamentos apropriados para as atividades de terraplenagem.

Nos boletins de sondagem apresentados para os segmentos em corte não foi observado a presença de lençol freático (N. A.).

Quanto à presença de afloramentos de rocha, no boletim geológico apresentado foi identificado apenas um afloramento de rocha isolado, na estaca 295.

4.2.3 Ocorrências de Solo Mole

De acordo com as sondagens realizadas para estudo do subleito, é possível observar que não foram obtidos dados que permitissem o apontamento da presença de solos moles ou compressivos no segmento em estudo.

4.3 ESTUDO DOS EMPRÉSTIMOS

Empréstimos são escavações efetuadas em locais previamente definidos para a obtenção de materiais destinados à complementação de volumes necessários para aterros, quando houver insuficiência de volume nos cortes, ou por razões de ordem qualitativa de materiais, ou de ordem econômica (elevadas distâncias de transporte).

Para o projeto em questão foi considerada a utilização do material da Jazida J-4 para a execução dos corpos de aterro. Seu material foi estudado e os resultados indicam boa capacidade técnica para uso na confecção dos aterros.

4.4 JAZIDA

A Jazida selecionada denominada J-04 está localizada a 5,5 km a leste da rodovia BR-153, próxima ao Campus da UFG.

A distância da jazida até a estaca 134 é de 9,7 km, conforme ilustrado na figura seguinte:

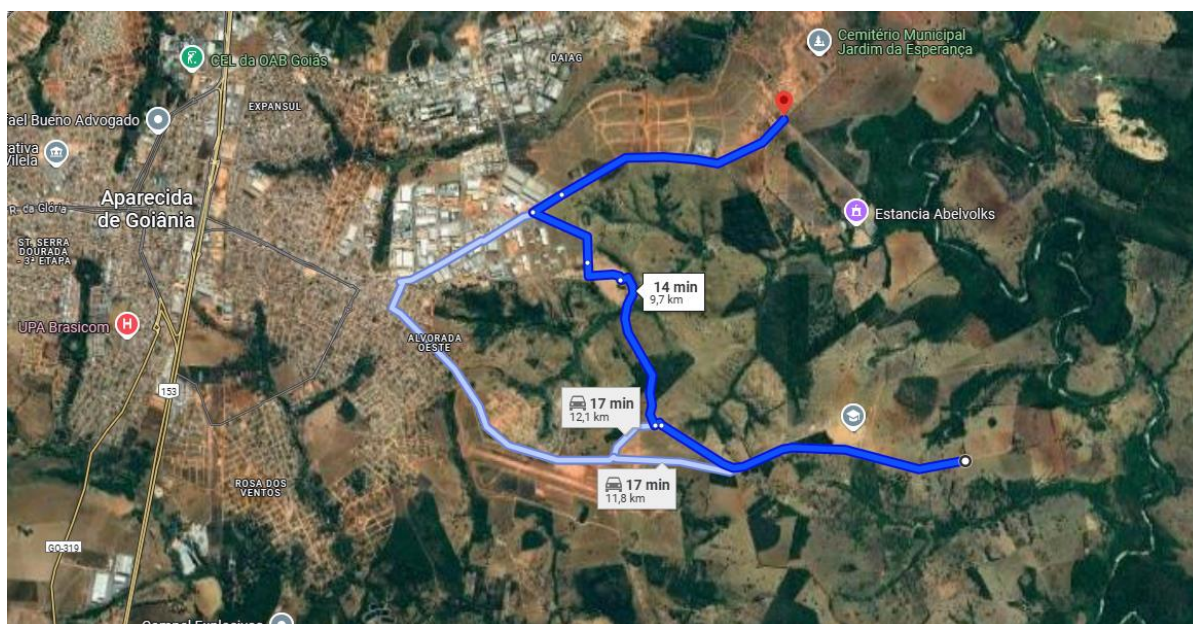


Figura 12: Mapa de localização - jazida de material granular

Os dados relativos à área são apresentados abaixo:

- *Proprietário: Odair Vieira*
- *Telefone: (62) 3206-4000*
- *Localização: 5,5 km a leste da rodovia BR-153*
- *Área utilizável: 132.300 m²*
- *Volume útil: 191.835 m³*
- *Espessura média: 1,45 m*
- *Expurgo espessura média: 0,20 m*
- *Volume expurgo: 26.460 m³*
- *Tipo de vegetação: Pasto*
- *Natureza do material: Cascalho Laterita*

Foram realizados ensaios com o material in natura, solo melhorado com 1% e 2% de cimento e solo com adição de 20% de brita.



Na área selecionada foram lançados reticulados em cujos vértices foram realizados os furos de sondagem e coletadas amostras em pelo menos ¼ delas. Os materiais coletados nos diversos horizontes foram submetidos em laboratório aos seguintes ensaios:

- *Análise granulométrica de solos por peneiramento (DNER-ME 080/94);*
- *Determinação do limite de liquidez (DNER-ME 122/94); e*
- *Determinação do limite de plasticidade (DNER-ME 082/94).*
- *Determinação do Índice de Suporte Califórnia de Solos utilizando amostras não trabalhadas (DNER-ME 049/94);*
- *Compactação, determinação de umidade ótima e densidade máxima (DNER-ME 129/94).*

Da análise dos resultados podemos informar que o material poderá ser utilizado in natura na camada de subbase devendo o mesmo ser compactado na energia do Proctor Intermediário (26 golpes), obtendo um ISC mínimo de 20%.

Para a camada de base o material também poderá ser utilizado in natura, necessitando para a obtenção de um ISC maior que 60% de compactação na energia do Proctor Modificado (55 golpes).

Os resumos dos resultados são apresentados a seguir:

RESUMO DOS ENSAIOS E ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO SOLO

JAZIDA 04 - IN NATURA

INDICAÇÕES GERAIS

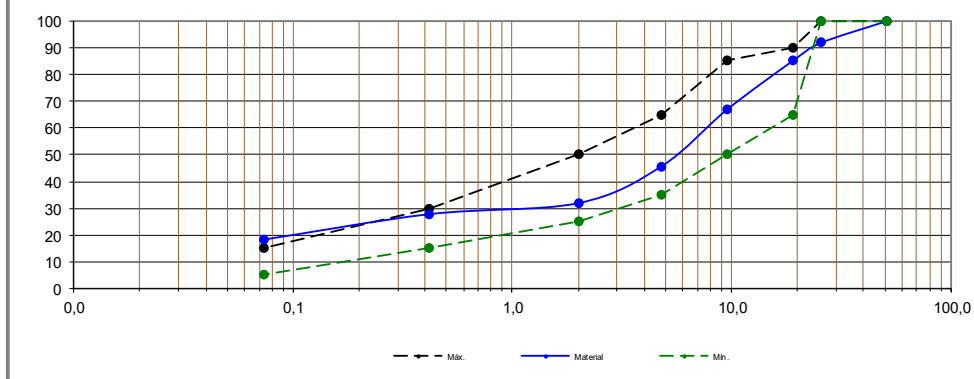
MATERIAL:	Cascalho Laterita		
LOCALIZAÇÃO:	Goiânia - GO		
DISTÂNCIA DO EIXO:	5,5 km a Leste da Rodovia BR-153		
PROPRIETÁRIO:	Odair Vieira		
ÁREA (m²):	132.300,00	MALHAS: 30m x 30m	
VOLUME DE EXPURGO (m³):	26.460,00	TIPO DE VEGETAÇÃO: Pasto	
VOLUME UTILIZÁVEL (m³):	191.835,00		
ESPESSURA MÉDIA (m):	1,45		
UTILIZAÇÃO:	Base e Sub-base		

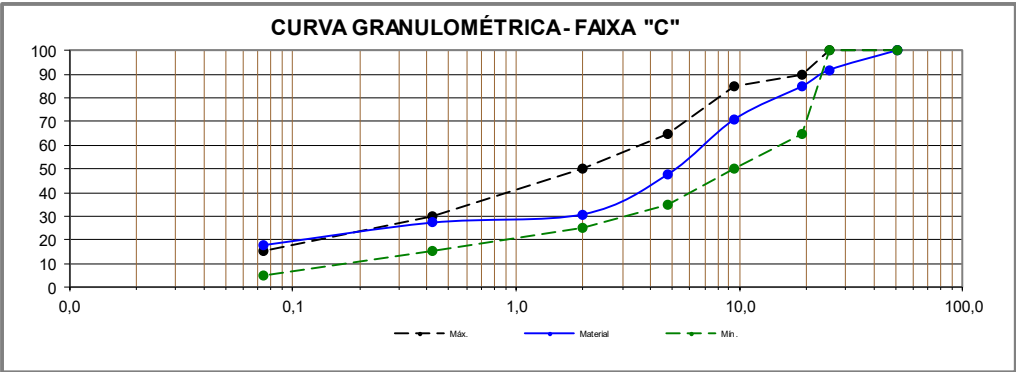
PENEIRAS		GRANULOMETRIA (%)			FAIXA C		ANÁLISE		
Nº	Abertura (mm)	Máximo	Médio	Mínimo			DNIT 139/2010-ES		Plasticidade
		% Em peso passando			Mín.	Máx.	Liquidez	LL≤25%	OK
2"	50,8	100,0	100,0	100,0	100	100	Granulometria	FAIXA C	OK
1"	25,4	92,5	91,8	90,9	100	100			
3/4"	19,1	86,6	85,2	83,8	65	90	ISC	ISC≥60%	Satisfatório como base
3/8"	9,50	73,8	66,8	7,7	50	85			
Nº 4	4,80	51,4	45,7	5,2	35	65	CONCLUSÃO		Sub-base e Base
Nº 10	2,00	33,4	31,9	29,3	25	50	A Jazida 04 atende a especificação GOINFRA ES-PAV 002/2019 (N ≤ 5 x 10 ⁶), podendo ser utilizada <i>in natura</i> na sub-base e na base.		
Nº 40	0,42	29,9	27,7	25,1	15	30			
Nº 200	0,074	19,8	18,2	15,5	5	15			

RESULTADOS DOS ENSAIOS

ENSAIOS	26 GOLPES			43 GOLPES			55 GOLPES		
	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.
Dmáx.	1.968,4	1.958,4	1.948,4	2.036,6	2.027,6	2.018,6	2.094,9	2.066,0	2.037,1
Hótima	10,6	9,9	9,2	10,5	9,5	8,4	10,2	9,3	8,5
Exp.	0,06	0,05	0,00	0,05	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
I.S.C.	48,0	46,6	45,2	61,5	60,0	58,5	73,5	71,4	69,3
L.L.	NL			NL			NL		
I.P.	NP			NP			NP		
I.G.	0			0			0		
H.R.B.	A-1-b			A-1-b			A-1-b		

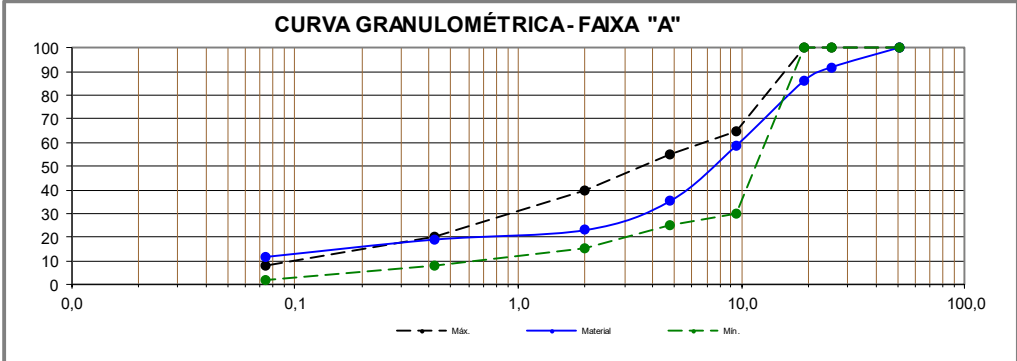
CURVA GRANULOMÉTRICA - FAIXA "C"



RESUMO DOS ENSAIOS E ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO SOLO									
JAZIDA 04 - solo melhorado 1% e 2% de cimento									
INDICAÇÕES GERAIS									
MATERIAL:		Cascalho Laterita							
LOCALIZAÇÃO:		Goiânia - GO							
DISTÂNCIA DO EIXO:		5,5 km a Leste da Rodovia BR-153							
PROPRIETÁRIO:		Odair Vieira							
ÁREA (m²):		132.300,00				MALHAS: 30m x 30m			
VOLUME DE EXPURGO (m³):		26.460,00				TIPO DE VEGETAÇÃO: Pasto			
VOLUME UTILIZÁVEL (m³):		191.835,00							
ESPESSURA MÉDIA (m):		1,45							
UTILIZAÇÃO:		Sub-base / Base							
PENEIRAS		GRANULOMETRIA (%)			FAIXA C		ANÁLISE		
Nº	Abertura (mm)	Máximo	Médio	Mínimo	DNIT 142/2010-ES		Plasticidade	IP≤6%	OK
		% Em peso passando			Mín.	Máx.	Liquidez	LL≤25%	OK
2"	50,8	100,0	100,0	100,0	100	100	Granulometria	FAIXA C	OK
1"	25,4	94,0	91,8	90,1	100	100			
3/4"	19,1	87,4	84,9	79,8	65	90	ISC	ISC≥80%	Satisfatório como base
3/8"	9,50	74,5	70,9	62,3	50	85			
Nº 4	4,80	50,9	47,8	40,9	35	65	CONCLUSÃO		Base
Nº 10	2,00	33,1	30,8	25,9	25	50	A Jazida 04 com adição de 2% de cimento atende a especificação GOINFRA ES-PAV 002/2019 (N > 5 x 10 ⁶), podendo ser utilizada na base.		
Nº 40	0,42	29,5	27,3	23,1	15	30			
Nº 200	0,074	19,2	17,8	15,3	5	15			
<div><p>CURVA GRANULOMÉTRICA- FAIXA "C"</p></div>									
RESULTADOS DOS ENSAIOS									
ENSAIOS	COM 1% DE CIMENTO			COM 2% DE CIMENTO			COM 3% DE CIMENTO		
	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.
Dmáx.		1.965,40			1.964,00				
Hótima		10,30			9,84				
Exp. (%)		0,00			0,00				
I.S.C. (%)		75,40			131,40				
L.L.		NL			NL				
I.P.		NP			NP				

RESUMO DOS ENSAIOS E ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO SOLO									
JAZIDA 04 - mistura solo-brita 20%									
INDICAÇÕES GERAIS									
MATERIAL:		Cascalho Laterita							
LOCALIZAÇÃO:		Goiânia - GO							
DISTÂNCIA DO EIXO:		5,5 km a Leste da Rodovia BR-153							
PROPRIETÁRIO:		Odair Vieira							
ÁREA (m²):		132.300,00				MALHAS: 30m x 30m			
VOLUME DE EXPURGO (m³):		26.460,00				TIPO DE VEGETAÇÃO: Pasto			
VOLUME UTILIZÁVEL (m³):		191.835,00							
ESPESSURA MÉDIA (m):		1,45							
UTILIZAÇÃO:		Sub-base							
PENEIRAS		GRANULOMETRIA (%)			FAIXA A		ANÁLISE		
Nº	Abertura (mm)	Máximo	Médio	Mínimo	DNIT 139/2010-ES		Plasticidade	IP≤6%	OK
		% Em peso passando			Mín.	Máx.	Liquidez	LL≤25%	OK
2"	50,8	100,0	100,0	100,0	100	100	Granulometria	FAIXA A	OK
1"	25,4	92,4	91,8	90,6	100	100			
3/4"	19,1	87,1	86,1	84,3	100	100			
3/8"	9,50	71,9	58,8	51,9	30	65	ISC	ISC≥80%	Insatisfatório como Base
Nº 4	4,80	48,7	35,4	31,8	25	55			
Nº 10	2,00	30,9	23,1	19,0	15	40	CONCLUSÃO		Sub-base
Nº 40	0,42	25,4	19,1	16,4	8	20			
Nº 200	0,074	15,8	11,8	10,1	2	8			
A Jazida 04 com adição de 20% de brita atende a especificação GOINFRA ES-PAV 002/2019 (N > 5 x 106), podendo ser utilizada na sub-base.									

CURVA GRANULOMÉTRICA - FAIXA "A"

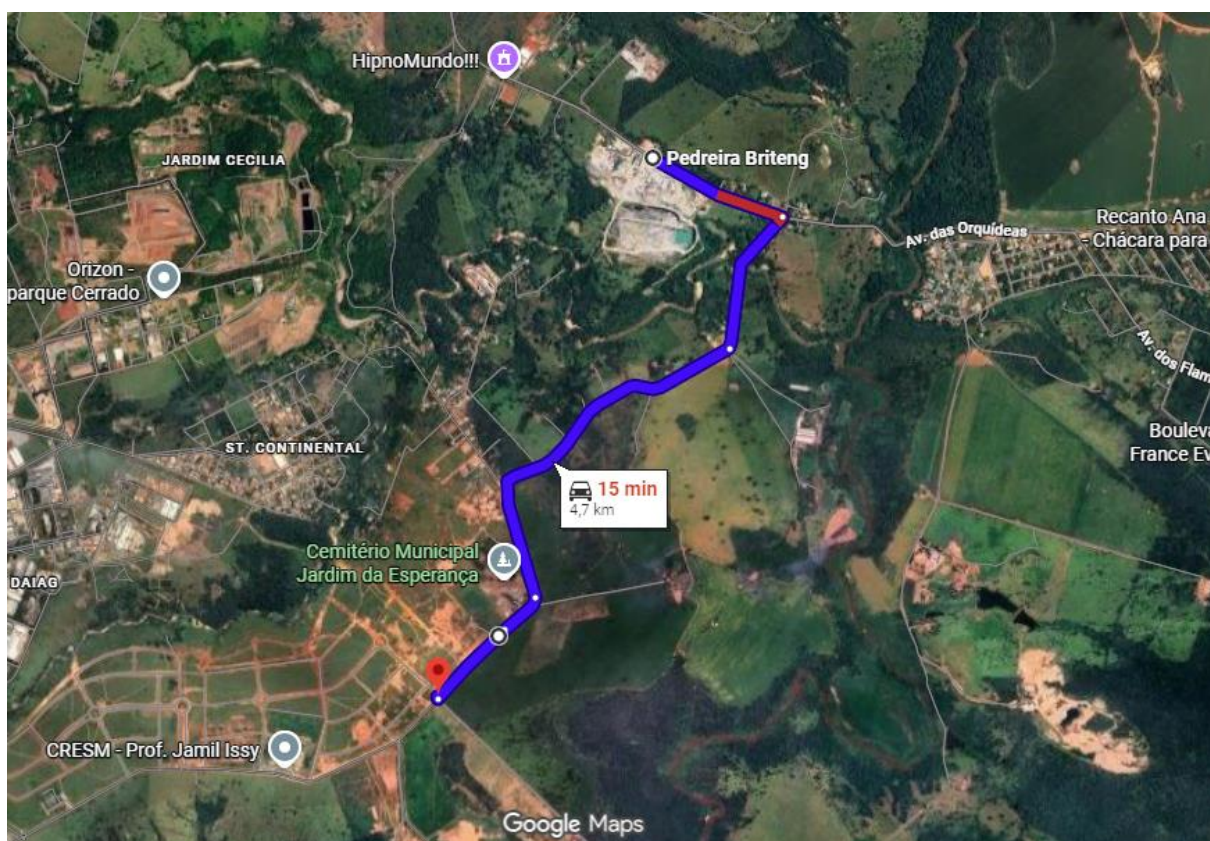
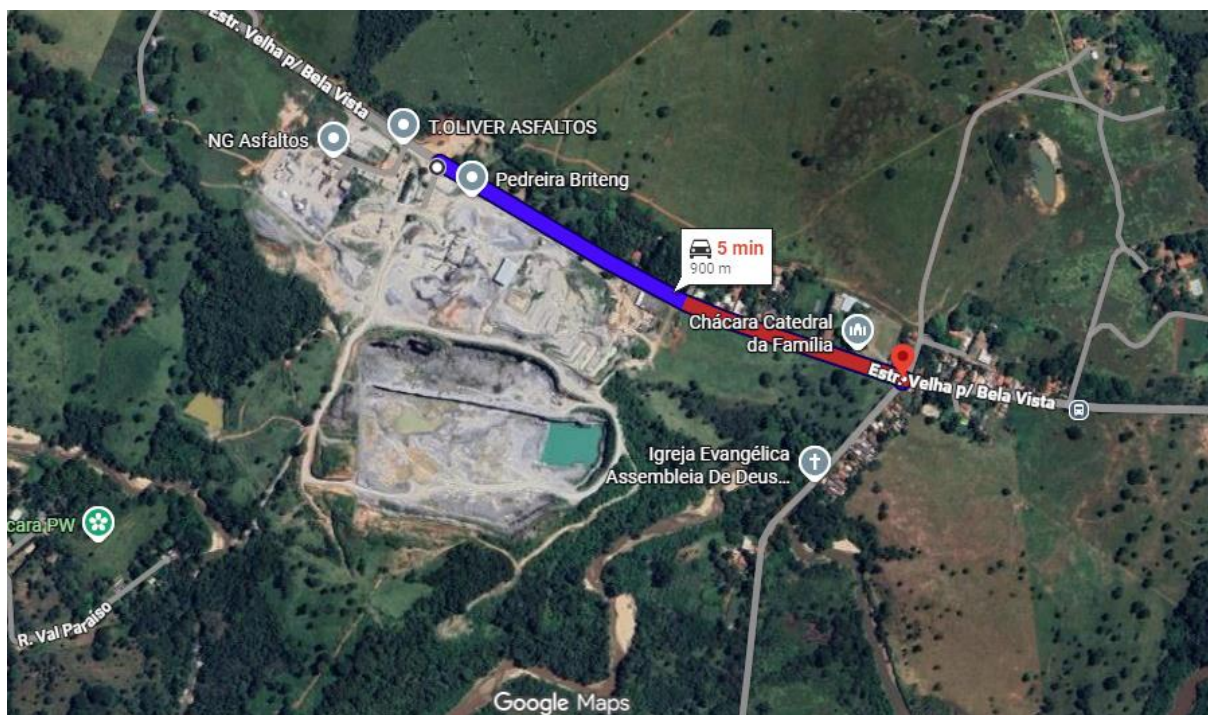


RESULTADOS DOS ENSAIOS									
ENSAIOS	COM 20% DE BRITA (26 GOLPES)			COM 20% DE BRITA (55 GOLPES)					
	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.
Dmáx.		2.046,00			2.076,00				
Hótima		8,08			8,40				
Exp. (%)		0,00			0,00				
I.S.C. (%)		61,60			75,00				
L.L.		NL			NL				
I.P.		NP			NP				

4.5 PEDREIRA E AREAL

A Pedreira Briteng foi selecionada como fonte dos materiais pétreos e areias necessárias para o projeto em estudo. A pedreira está licenciada e tem material de qualidade para uso em pavimentação. Junto a esta pedreira tem uma usina de asfaltos, a qual foi indicada como fornecedora da massa asfáltica.

A distância desta ocorrência até o local o final do trecho em projeto é de 0,90 km e de 4,74 km até o canteiro de obras, conforme ilustra as figuras seguintes:



4.5.1 Ensaios

A seguir são apresentados os ensaios do material da pedreira.



T OLIVER ASFALTOS

LABORATÓRIO

RELATÓRIO TÉCNICO DE ENSAIOS COM OS AGREGADOS PÉTREOS
PARA USO EM CONCRETO ASFÁLTICO COM ASFALTO CONVENCIONAL
PAVIMENTO FLEXÍVEIS - GOINFRA ES-PAV 012/2019 REVISÃO.02 MAI/2023

FAIXA GRANULOMÉTRICA "C" CAMADA DE ROLAMENTO

PEDREIRA BRITENG

Eng.º Responsável: Rafael Alves Guerra (CREA-GO 1022759892)

Responsável Técnico - Laboratório: Daniel Oliveira A. Moreira (CRT: 03253752321)

REVISADO EM 24/03/2026

Nº 92.0/2026



T OLIVER ASFALTOS

pag:02/26

EQUIPE TÉCNICA:

Rafael Alves Querra : Engenheiro Civil - CREA-GO 1022759892



Daniel Oliveira Alves Moreira: Responsável Técnico CRT: 03253752321
Gerente de laboratório - Departamento técnico



T OLIVER ASFALTOS

pág.: 15/26

3.0 ENSAIOS DOS AGREGADOS DA MISTURA ASFALTICA

 T OLIVER ASFALTOS LABORATÓRIO		<p>pag:16/26</p>																																																																																																																																							
3.1 DETERMINAÇÃO DA ABRASÃO "LOS ANGELES" DNER-ME 035/98																																																																																																																																									
PEDREIRA BRITENG																																																																																																																																									
Laboratório: NG ASFALTOS E ENGENHARIA LTDA Estr. Velha p/ Bela Vista, Km 11 - Zona Rural, Aparecida de Goiânia - GO, 74850-970																																																																																																																																									
Pedreira Endereço: Estr. Velha p/ Bela Vista, Km 11 - Zona Rural, Goiânia - GO, 74850-970																																																																																																																																									
Data de ensaio: 05/03/2026																																																																																																																																									
Tipo de rocha: Micaxisto		FRAÇÃO USADA: B																																																																																																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PENEIRAS</th> <th colspan="6">PESO DAS AMOSTRAS PARCIAIS (gramas)</th> </tr> <tr> <th>PASSANDO</th> <th>RETIDO</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>G</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3"</td> <td>2 1/2"</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2500 ± 50</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2 1/2"</td> <td>2"</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2500 ± 50</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2"</td> <td>1 1/2"</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5000 ± 100</td> <td>5000 ± 100</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1 1/2"</td> <td>1"</td> <td>1250 ± 25</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5000 ± 100</td> <td>5000 ± 100</td> </tr> <tr> <td>1"</td> <td>3/4"</td> <td>1250 ± 25</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5000 ± 100</td> </tr> <tr> <td>3/4"</td> <td>1/2"</td> <td>1250 ± 25</td> <td>2500 ± 50</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1/2"</td> <td>3/8"</td> <td>1250 ± 25</td> <td>2500 ± 50</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>Nº 3</td> <td></td> <td></td> <td>2500 ± 50</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nº 3</td> <td>Nº 4</td> <td></td> <td></td> <td>2500 ± 50</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nº 4</td> <td>Nº 8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5000 ± 100</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Amostra total (gramas)</td> <td></td> <td>5000 ± 10</td> <td>5000 ± 10</td> <td>5000 ± 10</td> <td>5000 ± 10</td> <td>10000 ± 100</td> <td>1000 ± 75</td> <td>1000 ± 50</td> </tr> <tr> <td>Carga abrasiva (esferas)</td> <td></td> <td>12</td> <td>11</td> <td>8</td> <td>6</td> <td>12</td> <td>12</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Número de revoluções</td> <td></td> <td></td> <td>500</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1000</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				PENEIRAS		PESO DAS AMOSTRAS PARCIAIS (gramas)						PASSANDO	RETIDO	A	B	C	D	E	F	G	3"	2 1/2"					2500 ± 50			2 1/2"	2"					2500 ± 50			2"	1 1/2"					5000 ± 100	5000 ± 100		1 1/2"	1"	1250 ± 25					5000 ± 100	5000 ± 100	1"	3/4"	1250 ± 25						5000 ± 100	3/4"	1/2"	1250 ± 25	2500 ± 50						1/2"	3/8"	1250 ± 25	2500 ± 50						3/8"	Nº 3			2500 ± 50					Nº 3	Nº 4			2500 ± 50					Nº 4	Nº 8				5000 ± 100				Amostra total (gramas)		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	10000 ± 100	1000 ± 75	1000 ± 50	Carga abrasiva (esferas)		12	11	8	6	12	12	12	Número de revoluções			500				1000	
PENEIRAS		PESO DAS AMOSTRAS PARCIAIS (gramas)																																																																																																																																							
PASSANDO	RETIDO	A	B	C	D	E	F	G																																																																																																																																	
3"	2 1/2"					2500 ± 50																																																																																																																																			
2 1/2"	2"					2500 ± 50																																																																																																																																			
2"	1 1/2"					5000 ± 100	5000 ± 100																																																																																																																																		
1 1/2"	1"	1250 ± 25					5000 ± 100	5000 ± 100																																																																																																																																	
1"	3/4"	1250 ± 25						5000 ± 100																																																																																																																																	
3/4"	1/2"	1250 ± 25	2500 ± 50																																																																																																																																						
1/2"	3/8"	1250 ± 25	2500 ± 50																																																																																																																																						
3/8"	Nº 3			2500 ± 50																																																																																																																																					
Nº 3	Nº 4			2500 ± 50																																																																																																																																					
Nº 4	Nº 8				5000 ± 100																																																																																																																																				
Amostra total (gramas)		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	10000 ± 100	1000 ± 75	1000 ± 50																																																																																																																																	
Carga abrasiva (esferas)		12	11	8	6	12	12	12																																																																																																																																	
Número de revoluções			500				1000																																																																																																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DETERMINAÇÕES</th> <th>ENSAIO - 1</th> <th>ENSAIO - 2</th> <th>ESPECIFICAÇÕES</th> <th>NORMA</th> <th>TOLERÂNCIA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Amostra total seca (antes do ensaio)</td> <td>5.002,14</td> <td>5.003,79</td> <td>C.B.U.Q.</td> <td>GOINFRA ES-PAV</td> <td>< 50 %</td> </tr> <tr> <td>Material retido na peneira nº 12 (depois do ensaio)</td> <td>3.491,49</td> <td>3.452,61</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Abrasão "Los Angeles"</td> <td>30,2</td> <td>31,0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Abrasão (média)</td> <td colspan="2">30,6 %</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				DETERMINAÇÕES	ENSAIO - 1	ENSAIO - 2	ESPECIFICAÇÕES	NORMA	TOLERÂNCIA	Amostra total seca (antes do ensaio)	5.002,14	5.003,79	C.B.U.Q.	GOINFRA ES-PAV	< 50 %	Material retido na peneira nº 12 (depois do ensaio)	3.491,49	3.452,61				Abrasão "Los Angeles"	30,2	31,0				Abrasão (média)	30,6 %																																																																																																												
DETERMINAÇÕES	ENSAIO - 1	ENSAIO - 2	ESPECIFICAÇÕES	NORMA	TOLERÂNCIA																																																																																																																																				
Amostra total seca (antes do ensaio)	5.002,14	5.003,79	C.B.U.Q.	GOINFRA ES-PAV	< 50 %																																																																																																																																				
Material retido na peneira nº 12 (depois do ensaio)	3.491,49	3.452,61																																																																																																																																							
Abrasão "Los Angeles"	30,2	31,0																																																																																																																																							
Abrasão (média)	30,6 %																																																																																																																																								
 Daniel Oliveira A. Moreira Gerente - Laboratório		Rafael Alves Guerra Eng.º Responsável																																																																																																																																							



T OLIVER ASFALTOS

pág.: 17/26

3.2 EQUIVALENTE DE AREIA (DNER-ME 054/97)

Material a ser ensaiado: **AGREGADO MIÚDO / PEDREIRA BRITENG**
 Data de realização do ensaio: 06/03/2026

Proveta	Nº	1	2	3
Leitura topo da argila:	H1	12,3	12,2	12,4
Leitura topo da areia:	H2	7,9	8,1	8,0
Equivalente de Areia :	$(H2/H1)*100$ (xi)	64,2	66,4	64,5
Média dos resultados:	$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$	65,0%		


Especificação GOINFRA ES-PAV 012/2019 Agregado Miúdo **> 55,0%**

Equivalente de Areia conforme método de ensaio DNER-ME 054/97

DEFINIÇÃO DE ENSAIO

Equivalente de Areia (E.A)

Relação volumétrica que corresponde à razão entre a altura do nível superior da areia e a altura do nível superior da suspensão argilosa de uma determinada amostra de solo ou de agregados miúdos pétreos em uma proveta, em condições estabelecidas em métodos de ensaios NBR 12052 ou DNER-ME 054/97.


 Ng Asfaltos e Engenharia Ltda
 Daniel Oliveira Alves Moreira
 Gerente de laboratório

Gerente - Laboratório

Rafael Alves Guerra
 Eng.º Responsável



T OLIVER ASFALTOS

pág.: 18/26

3.3 ENSAIO DE ADESIVIDADE A LIGANTE BETUMINOSO

Procedimento de ensaio - DNER-ME 078/94

Material a ser ensaiado: **BRITA 1 / PEDREIRA BRITENG**
Data de ensaio: **10/03/2026**

Tipo de agregado	Malha peneira (mm)	Tipo de ligante	Resultados após 72 h em estufa
Brita 1	19,1 - 12,7	CAP 50/70	> 90%

Resultado de ensaio quanto ao envolvimento da película de ligante sobre o agregado:

Satisfatório (X)	Não satisfatório ()
--------------------	----------------------

Especificação GOINFRA ES-PAV 012/2019	> 90,0% - SATISFATÓRIO
Cobertura dos agregados com ligante asfáltico ensaio de adesividade:	DNER-ME 078/94

LAUDO DE ENSAIO:

O resultado de ensaio de adesividade foi considerado satisfatório

Adesividade

Adesividade de agregado a material betuminoso é a propriedade que tem o agregado de ser aderido por material betuminoso. É verificada pelo não deslocamento da película betuminosa que recobre o agregado, quando a mistura agregado-ligante é submetido, a 40 °C, a ação de água destilada, durante 72 horas.


Ng Asfaltos e Engenharia Ltda
Daniel Oliveira Alves Moreira
Gerente de laboratório

Resp. Técnico: Daniel Oliveira A. Moreira

Eng. Responsável: Rafael Alves Guerra



T OLIVER ASFALTOS

Pág.: 19/26

3.4 ENSAIO DE ADESIVIDADE A LIGANTE BETUMINOSO DNER-ME 078/94

Pedreira: BRITA 1 / PEDREIRA BRITENG
Data relatório : 13/03/2026

Tipo de agregado	Malha peneira (mm)	Tipo de ligante	Resultados após 72 h em estufa
Brita 1	19,1 - 12,7	CAP 50/70	> 90%

Resultado satisfatório



Daniel Oliveira Alves Moreira
Ng Asfaltos e Engenharia Ltda
Daniel Oliveira Alves Moreira
Gerente de laboratório

Gerente - Laboratório:

Eng. Responsável:



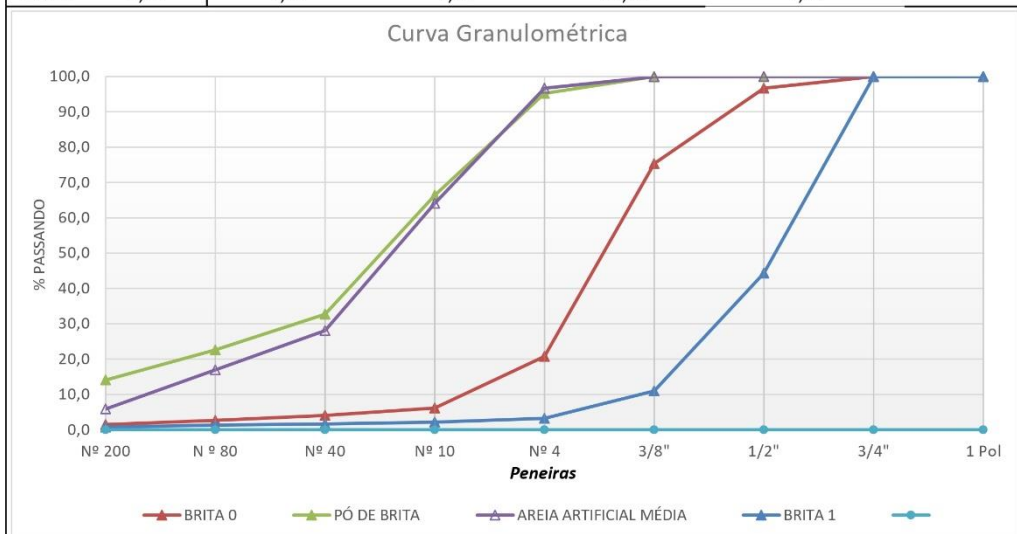
T OLIVER ASFALTOS

pág.: 20/26

3.5 ANÁLISE GRANULOMETRICA (DNER-ME 083/98)

Pedreira: **PEDREIRA BRITENG**
 Tipo de rocha: **MICAXISTO**
 Data de ensaio: **05/03/2026**

PENEIRAS		BRITA 1	BRITA 0	PÓ DE BRITA	AREIA ARTIFICIAL MÉDIA
SÉRIE ASTM	ABERTURA (mm)	% PASSANTE	% PASSANTE	% PASSANTE	% PASSANTE
1 Pol	25,40	100,00	100,00	100,00	100,00
3/4"	19,10	100,00	100,00	100,00	100,00
1/2"	12,70	44,37	96,70	100,00	100,00
3/8"	9,50	11,00	75,34	100,00	99,96
Nº 4	4,80	3,21	20,74	95,26	96,73
Nº 10	2,00	2,15	6,13	66,37	64,10
Nº 40	0,42	1,62	4,07	32,73	28,11
Nº 80	0,18	1,31	2,68	22,61	16,97
Nº 200	0,07	0,76	1,48	14,07	5,88





Nota:

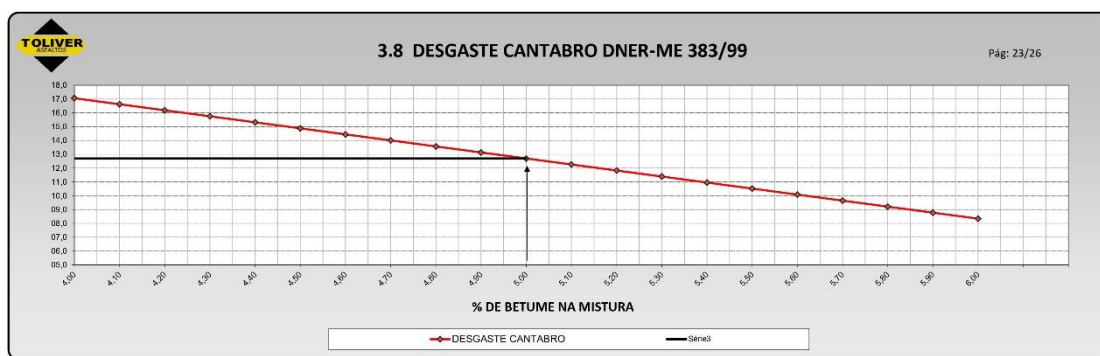
Daniel Oliveira Alves Moreira
 Ng Asfaltos e Engenharia Ltda
 Daniel Oliveira Alves Moreira
 Gerente do laboratório

Resp. Técnico: Daniel Oliveira A. Moreira

Eng. Responsável: Rafael Alves Guerra

NG ASFALTOS E ENGENHARIA LTDA									
3.6 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE FORMA COM CRIVOS - DNIT 424/2020-ME									
Pág: 21/26									
Pedreira:	BRITENG								
Material a ser ensaiado:	AGREGADOS PÉTREOS								
Tipo de rocha:	MICAXISTO								
Data de ensaio:	14/03/2026								
DETERMINAÇÃO DA GRADUAÇÃO DO MATERIAL APÓS ANÁLISE GRANULOMÉTRICA									
Graduação:	Crivos de abertura circular (mm)		Peso das frações da amostra (g)	Crivo redutor 1			Crivo redutor 2		
	Passando	Retido		Abertura (mm)	Peso (g)	%	Abertura (mm)	Peso (g)	%
C	19,0	16,0	2000	9,5	1305,26	65,26	6,3	598,32	29,92
	16,0	12,7	2000	8,0	1486,52	74,33	5,3	359,24	17,96
	12,7	9,5	2000	6,3	1698,25	84,91	4,2	298,14	14,91
D	12,7	9,5	1000	6,3	550,14	55,01	4,2	254,26	25,43
	9,5	6,3	1000	4,8	597,14	59,71	3,2	142,69	14,27
Graduação:	Agregado	Tamanho diretriz	Soma das percentagem do crivo redutor 1			Soma das percentagem do crivo redutor 2			
C	BRITA 1	3	224,50			62,79			
D	BRITA 0	2	114,73			39,70			
ÍNDICE DE FORMA DOS AGREGADOS PÉTREOS									
Graduação:	Agregado	Índice de forma		Limite especificado		Resultado final			
C	BRITA 1	0,85		≥ 0,6		Aprovado			
D	BRITA 0	0,67							
 Ng Asfaltos e Engenharia Ltda Daniel Oliveira A. Moreira Gerente de Laboratório									
Gerente - Laboratório:						Eng. Responsável:			

T OLIVER ASFALTOS											
pág: 22/26											
PEDREIRA:		BRITENG									
TIPO DE ROCHA:		MICAXISTO - DATA DE ENSAIO: 17/03/2026									
3.7 ENSAIO DE DURABILIDADE DE AGREGADO DNER-ME 089											
MATERIAL RETIDO						5 CICLOS EM SOLUÇÃO DE SULFATO DE SÓDIO					
MASSA ANTES DO ENSAIO					% RETIDA	MASSA DEPOIS DO ENSAIO					% DE PERDA
FRAÇÃO	SUB FRAÇÃO	MASSA MÍNIMO	INDIVIDUAL	ACUMULADO	GRADUAÇÃO ORIGINAL	PENEIRAS UTILIZADAS DEPOIS DO ENSAIO	MASSA DEPOIS DO ENSAIO	DIFERENÇA	DIRETA	PONDERADA	
1 1/2"	1 1/2" - 1"	1000 ± 50	0,00	-	-	-	-	-	-	-	
3/4"	1" - 3/4"	500 ± 30	0,00	0,00	0,00	5/8"	0,00	0,00	0,00	0,00	
1/2"	3/4" - 1/2"	670 ± 10	672,14	-	-	-	-	-	-	-	
3/8"	1/2" - 3/8"	330 ± 5	333,26	1005,40	76,77	5/16"	985,36	20,04	1,99	1,53	
3/8" - N° 4	3/8" - N° 4	300 ± 5	304,21	304,21	23,23	N° 5	276,00	28,21	9,27	2,15	
TOTAIS				1309,61	100,00	-	1261,36	48,25	3,68	3,68	
DURABILIDADE APÓS 5 CICLOS EM SOLUÇÃO DE SULFATO DE SÓDIO =										3,68 %	
ENSAIO DE DURABILIDADE DE AGREGADO MIÚDO DNER-ME 089											
MATERIAL RETIDO					% RETIDA GRADUAÇÃO ORIGINAL	5 CICLOS EM SOLUÇÃO DE SULFATO DE SÓDIO					
MASSA ANTES DO ENSAIO						MASSA DEPOIS DO ENSAIO					% DE PERDA
FRAÇÃO	SUB FRAÇÃO	MASSA MÍNIMO	MASSA g			PENEIRAS UTILIZADAS	MASSA DEPOIS DO ENSAIO	DIFERENÇA	DIRETA	PONDERADA	
3/8" - N° 4	3/8" - N° 4	100	-	0,0	-	N° 4	0	-	0,0	0,0	
N° 4 - N° 8	N° 4 - N° 8	100	102,14	24,52	-	N° 8	99,85	2,29	2,24	0,55	
N° 8 - N° 16	N° 8 - N° 16	100	103,26	24,79	-	N° 16	102,11	1,15	1,11	0,28	
N° 16 - N° 30	N° 16 - N° 30	100	105,00	25,20	-	N° 30	103,26	1,74	1,66	0,42	
N° 30 - N° 50	N° 30 - N° 50	100	106,21	25,49	-	N° 50	104,00	2,21	2,08	0,53	
TOTAIS		500	416,61	100,00	-	-	409,22	7,39	1,77	1,77	
DURABILIDADE APÓS 5 CICLOS EM SOLUÇÃO DE SULFATO DE SÓDIO =										1,77 %	
MÉDIA DOS RESULTADOS ENCONTRADOS:						2,73%			ESP: < 12,0 %		
OBSERVAÇÃO: SEQUENCIA DE 1 CICLO = 16 A 18 H IMERSO EM SOLUÇÃO DE SULFATO DE SÓDIO A 21°C - 4 A 6 H EM ESTUFA A 110°C (ATÉ CONSTÂNCIA DE MASSA)											
 Ng Asfaltos e Engenharia Ltda Daniel Oliveira A. Moreira Gerente de Laboratório											
Responsável Técnico: Daniel Oliveira A. Moreira						Eng° Responsável: Rafael Alves Guerra					



LIGANTE ASFÁLTICO: CAP 50/70																						
MISTURA CONCRETO ASFÁLTICO	TEOR DE BETUME %	4,00	4,10	4,20	4,30	4,40	4,50	4,60	4,70	4,80	4,90	5,00	5,10	5,20	5,30	5,40	5,50	5,60	5,70	5,80	5,90	6,00
	DESGASTE CANTABRO %	17,06	16,62	16,19	15,75	15,32	14,88	14,44	14,01	13,57	13,14	12,70	12,26	11,83	11,39	10,96	10,52	10,08	9,65	9,21	8,78	8,34
RESULTADO ENCONTRADO %		% BETUME:		5,00		DESGASTE CANTABRO:		12,70		ESPECIFICAÇÃO: < 15%												
Observação:	DESGASTE CANTABRO é o ensaio que simula o arrancamento progressivo de agregados da capa de rolamento por efeito do atrito pneu-pavimento. É o ensaio usualmente realizado para determinação de resistência à desagregação.																					

Daniel Oliveira A. Moreira
 Eng.º Civil - CREA 001.048.000/000
 Diretor Técnico - Engenharia Civil
 Gerente de Obras

Resp. Técnico: Daniel Oliveira A. Moreira


Eng.º Responsável: Rafael Alves Guerra



T OLIVER ASFALTOS

pág.: 24/26

5.0 MEMÓRIA DE CÁLCULO

	DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA				ITEM: IV
	DNIT 413/2021 - ME / DNER 084/95 - ME / DNER-ME 085/94				PAG: 25/26


5.1 DADOS GERAIS - PEDREIRA BRITENG					
--	--	--	--	--	--

DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA, DENSIDADE RELATIVA E ABSORÇÃO DE AGREGADO GRAÚDO - NORMA DNIT 413/2021 - ME					
FRAÇÃO ENSAIADA - PASSANTE NA PENEIRA 3" (75,0 mm) / RETIDO NA PENEIRA Nº 4 (4,75 mm)					36,94 %
Amostra ensaiada	nº	1	2	3	4
Massa do agregado - seco em estufa	g	3006,25	3004,00	3152,36	3010,00
Massa do agregado - saturado superfície seca	g	3020,24	3019,60	3170,00	3030,14
Massa do agregado - submerso	g	1915,20	1920,14	2015,25	1925,00
Volume real do agregado	g	1091,05	1083,86	1137,11	1085,00
Volume aparente do agregado	g	1105,04	1099,46	1154,75	1105,14
Densidade relativa real do agregado graúdo (Gsa)	-	2,755	2,772	2,772	2,774
Densidade relativa aparente do agregado graúdo (Gsb)	-	2,720	2,732	2,730	2,724
Massa específica da água a 25°C	g/dm³	0,997	0,997	0,997	0,997
Massa específica real do agregado graúdo (MEsa)	g/cm³	2,747	2,764	2,764	2,766
Massa específica aparente do agregado graúdo (MEsb)	g/cm³	2,713	2,724	2,722	2,716
Absorção do agregado graúdo	%	0,47	0,52	0,56	0,67
Massa específica real do agregado graúdo média	g/cm³	2,760			
Massa específica aparente do agregado graúdo média	g/cm³	2,719			
Teor de absorção do agregado graúdo média	%	0,55			

DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA, DENSIDADE RELATIVA E ABSORÇÃO DE AGREGADO MIÚDO - NORMA DNER-ME 084/95					
FRAÇÃO ENSAIADA - PASSANTE NA PENEIRA Nº 4 (4,75 mm) / RETIDO NA PENEIRA Nº 200 (0,075 mm)					57,12 %
Amostra ensaiada	nº	1	2	3	4
Picnômetro vazio	g	126,02	126,02	126,02	126,02
Picnômetro + amostra	g	365,85	380,00	365,14	375,36
Picnômetro + amostra + água	g	780,12	788,24	779,00	785,36
Picnômetro + água	g	625,92	625,92	625,92	625,92
Massa do agregado - seco em estufa	g	239,83	253,98	239,12	249,34
Volume real do agregado	g	85,63	91,66	86,04	89,90
Densidade relativa real do agregado miúdo (Gsa)	-	2,801	2,771	2,779	2,774
Massa específica da água a 25°C	g/dm³	0,9971	0,9971	0,9971	0,9971
Massa específica real do agregado miúdo (MEsa)	g/cm³	2,793	2,763	2,771	2,765
Massa específica real do agregado miúdo média	g/cm³	2,773			

DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA REAL DE MATERIAL FINAMENTE PULVERIZADO - NORMA DNER-ME 085/94					
FRAÇÃO ENSAIADA - PASSANTE NA PENEIRA Nº 200 (0,075 mm)					5,94 %
Amostra ensaiada	nº	1	2	3	4
Massa da amostra - seco em estufa	g	60,12	61,23	60,00	60,17
Leitura inicial	g	1,00	1,00	1,00	1,00
Leitura final	g	23,20	23,20	23,30	23,40
Volume de líquido deslocado	cm³	22,20	22,20	22,30	22,40
Massa específica real da amostra	cm³	2,708	2,758	2,691	2,686
Massa específica real do agregado miúdo média	g/cm³	2,711			

Massa esp. real da mistura de agregados		Massa esp. aparente da mistura de agregados		Massa esp. efetiva da mistura de agregados	
2,765	g/cm³	2,749	g/cm³	2,757	g/cm³


 Ng Asfaltos e Engenharia Ltda
 Daniel Oliveira Alves Moreira
 Gerente de laboratório

Resp. Técnico: Daniel Oliveira A. Moreira

Eng.º Responsável: Rafael Alves Guerra

4.6 SONDAGEM SPT

A seguir são apresentadas as sondagens realizadas para o projeto estrutural da ponte de concreto.



RELATÓRIO DE SONDAGEM – SM

MASTERSOLO ENGENHARIA LTDA.

CLIENTE: BASITEC PROJETOS E CONSTRUÇÕES LTDA
OBRA: PONTE SOBRE RIO SANTO ANTONIO
LOCAL: RUA SANTO ANTÔNIO - VALE DAS POMBAS - APARECIDA DE GOIÂNIA - GO

MASTERSOLO ENGENHARIA LTDA
Rua Jacumã Qd. 121 Lt. 13 Jardim Atlântico • Goiânia - GO
Fone: (62) 3251-2202 • e-mail: rodrantunes@hotmail.com

Goiânia, 01 de setembro de 2023

CLIENTE: BASITEC PROJETOS E CONSTRUÇÕES LTDA
OBRA: PONTE SOBRE RIO SANTO ANTONIO
LOCAL: RUA SANTO ANTÔNIO - VALE DAS POMBAS - APARECIDA DE GOIÂNIA - GO

Prezado (s) Senhor (es):

Apresentamos em anexo, o relatório da sondagem mista executada para a obra acima citada. Foram executados 02 (DOIS) furo de sondagem mista.

1. Sondagens Mistas

1.1 - Definição

Sondagem rotativa é um método de investigação que consiste no uso de um conjunto motomecanizado projetado para a obtenção de amostras de materiais rochosos, contínuas e com formato cilíndrico, através de ação perfurante dada basicamente por forças de penetração e rotação que, conjugadas, atuam com poder cortante. A amostra de rocha obtida é chamada de testemunho.

1.2 – Identificação

As sondagens mistas foram identificadas pelas letras SM, seguidas de número indicativo. Em cada obra, o número indicativo deve ser sempre crescente, independentemente do local, fase ou objetivo da sondagem.

1.3 – Equipamentos e ferramentas

A) A firma empreiteira forneceu equipamentos, acessórios e ferramentas para a execução de sondagens que atenderam a programação e às especificações estabelecidas no contrato de serviços.

B) Os equipamentos e ferramentas constaram dos seguintes elementos principais: tripé, sonda rotativa, bomba d'água, hastes, barriletes, coroas, luvas alargadoras (calibradores), tubos de revestimento e demais acessórios e ferramentas necessárias à execução de sondagens mista.

C) Os equipamentos utilizados seguiram as normas de padronização de dimensões e de nomenclatura de equipamentos de sondagens, para permitir a permutabilidade de peças provenientes de diversos fabricantes. Existem dois sistemas que normatizam mundialmente as dimensões e as

nomenclaturas para sondagens mistas: padrão DCDMA (Diamond Core Drill Manufacturers Association) ou americano, que adota a combinação de duas ou mais letras para designar diâmetros e modelos dos equipamentos; e o padrão europeu, também conhecido por sistema métrico ou Craellius, que expressa o diâmetro do furo em milímetros e uma ou mais letras, para designar o modelo do equipamento.

D) O diâmetro utilizado na execução da sondagem mista foi **NW**.

E) O barrilete utilizado foi o Barrilete duplo-livre, constituído por dois tubos. Entre as partes da cabeça do barrilete, onde os tubos são rosqueados, existe um sistema de rolamentos. Assim, enquanto o tubo externo gira com a coluna de perfuração, o tubo interno permanece estacionário ou gira lentamente. O testemunho fica protegido do atrito com a parede do barrilete e o contato do testemunho com o fluido de circulação se dá entre a extremidade do tubo interno e a face da coroa. Existem variações desse barrilete, com saída do fluido de circulação na face interna da coroa (saída lateral) ou na parte inferior (saída frontal), para obter recuperação de boa qualidade de maciço alterado e muito fraturado. É utilizado também quando se pretende recuperar materiais de preenchimento de fraturas.

1.4 – Execução da sondagem

A) A sondagem em terra foi inicializada após uma limpeza de uma área que permitiu o desenvolvimento de todas as operações sem obstáculos e a abertura de um sulco ao redor, que desviou as águas de enxurradas, nos dias de chuva.

B) Foram empregados todos os recursos das sondagens rotativas, de maneira a assegurar a perfeita recuperação de todos os materiais atravessados. Os principais recursos foram à escolha de equipamentos e acessórios apropriados às condições geológicas, emprego de lamas bentoníticas como fluido de perfuração, realização de manobras curtas e adequação da velocidade de perfuração às características geológicas da rocha perfurada. A alta recuperação de testemunho, especificamente de trechos de maciços rochosos extremamente alterados e/ou muito fraturados, pode ser conseguida com emprego de sonda rotativa de avanço manual, sob controle de um bom sondador.

C) Quando a sondagem atingiu o nível freático, foi registrada sua profundidade. Os níveis d'água foram medidos todos os dias, antes de início dos trabalhos e na manhã seguinte a conclusão da sondagem.

Atenciosamente,

MASTERSOLO ENGENHARIA LTDA.


Rodrigo Antunes da Rocha
Engenheiro Civil
MASTERSOLO ENGENHARIA LTDA.

Eng. Civil Rodrigo Antunes da Rocha.
CREA: 11.373/D-GO.

[illegible]


	RELATÓRIO FOTOGRÁFICO	FOLHA: 1
		DATA: 15/08/23
		FURO
		01
CONTRATANTE: BASITEC PROJETOS E CONSTRUÇÕES LTDA		Estaca/Km: -
OBRA: PONTE SOBRE RIO SANTO ANTONIO		
LOCAL: RUA SANTO ANTÔNIO - VALE DAS POMBAS - APARECIDA DE GOIÂNIA - GO		

	
Foto 01 - Vista do local da sondagem	Foto 02 - Vista da execução da sondagem.
	
Foto 03 - Vista do local da sondagem	Foto 04 - Vista da execução da sondagem.

[illegible]

	RELATÓRIO FOTOGRÁFICO		FOLHA: 1
			DATA: 15/08/23
			FURO
			02
CONTRATANTE: BASITEC PROJETOS E CONSTRUÇÕES LTDA			
OBRA: PONTE SOBRE RIO SANTO ANTONIO			
LOCAL: RUA SANTO ANTÔNIO - VALE DAS POMBAS - APARECIDA DE GOIÂNIA - GO			Estaca/Km: -

	
Foto 01 - Vista do local da sondagem	Foto 02 - Vista da execução da sondagem.
	
Foto 03 - Vista do local da sondagem	Foto 04 - Vista da execução da sondagem.

MASTERSOLO ENGENHARIA LTDA.

LOCAÇÃO DOS FUROS DE SONDAGEM




Rodrigo Antunes da Rocha
Engenheiro Civil
MASTERSOLO ENGENHARIA LTDA.

ENG. CIVIL RODRIGO ANTUNES DA ROCHA
CREA11.373/D-GO

5 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Os Estudos Hidrológicos, parte integrante dos Estudos Preliminares, visam caracterizar as condições de vazão máxima afluente às obras de arte e/ou drenagem superficial compreendidas na área de estudo do projeto, também devem ser previstas cheias excepcionais, capazes de ocasionar inundações perigosas, e suas consequências devem ser ponderadas no projeto das obras de arte.

Para o presente estudo visa-se conhecer a pluviometria e transformá-la em vazão, caracterizando as condições de máxima vazão afluente, para assim fundamentar as intervenções de engenharia necessárias para o projeto de implantação de obra de arte especial na rua Pergaminho, para a transposição sobre o Ribeirão Santo Antônio, no setor Vale das Pombas, assim como analisar a rede fluviométrica compreendida na área de influência do projeto.

Em engenharia, não é interessante construir uma obra que seja adequada para escoar qualquer vazão possível de ocorrer, há a necessidade de avaliação quanto ao dimensionamento de forma a se ponderar os critérios econômicos, desde que sejam atendidas as vazões obtidas no estudo hidrológico.

Usualmente, pode-se correr o risco, assumido após considerações de ordem econômica, de que a estrutura venha a falhar durante a sua vida útil. Faz-se necessário, então, conhecer tal risco.

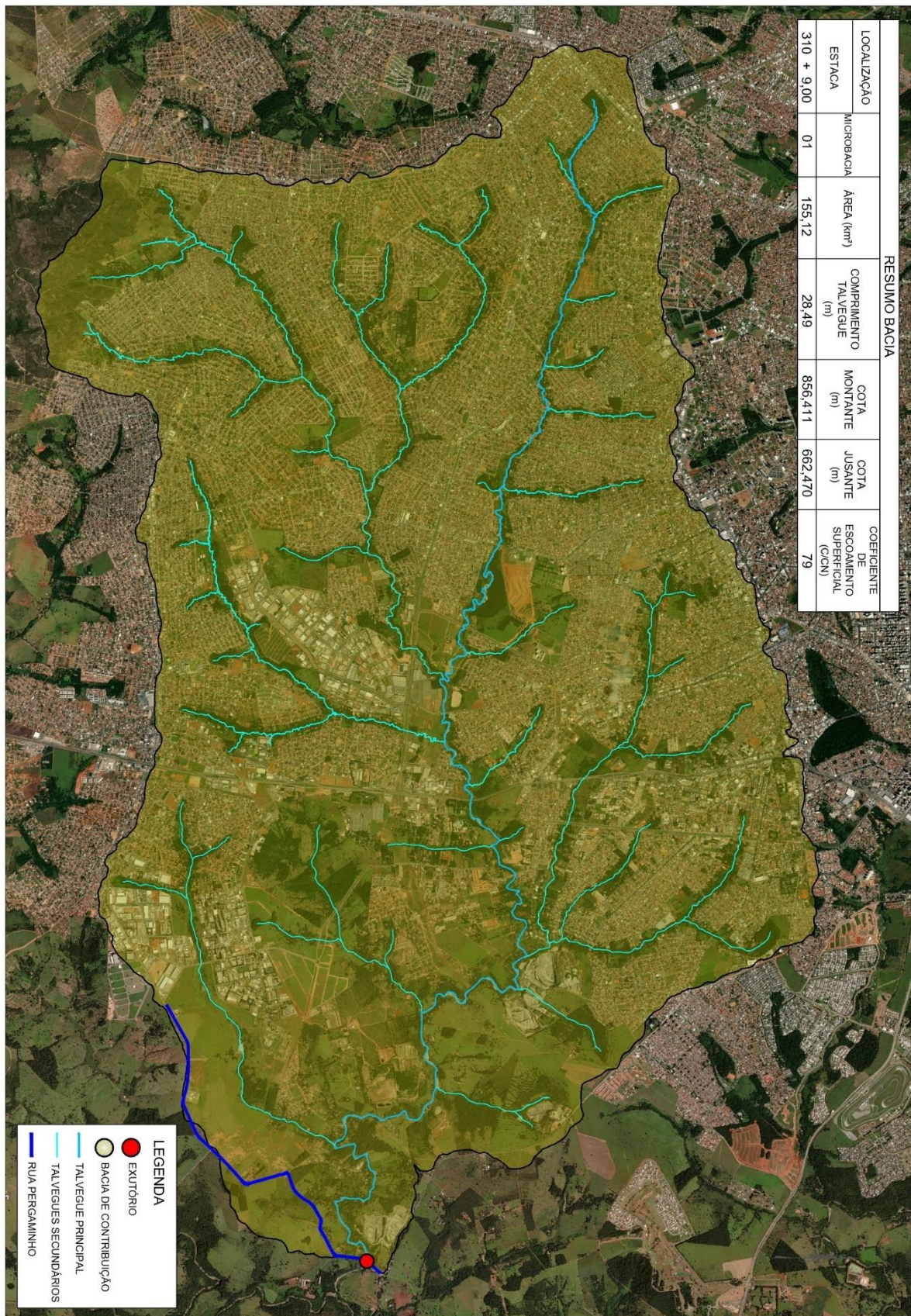
Para tanto, analisam-se estatisticamente as observações de pluviometria e fluviometria regional, verificando-se com que frequência estas assumiram dada magnitude, para em seguida, podermos avaliar as probabilidades teóricas de ocorrência dos fenômenos meteorológicos e hidrológicos.

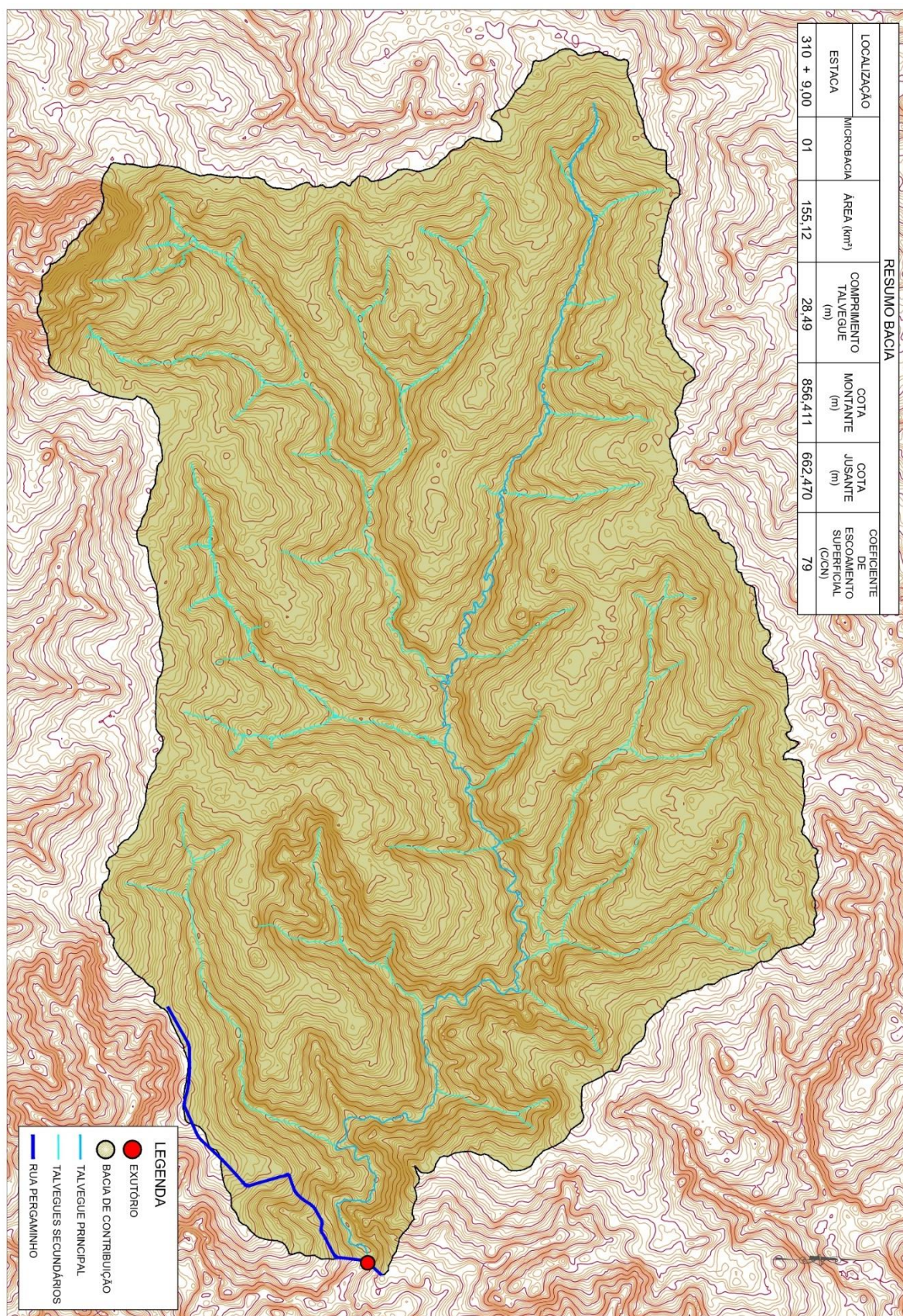
Como referência para o desenvolvimento dos Estudos Hidrológicos foram utilizados os seguintes documentos:

- *IP-03 GOINFRA – Estudos Hidrológicos;*
- *IPR-715 – Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem, DNIT 2005;*
- *IPR-724 – Manual de Drenagem de Rodovias, DNIT 2006;*
- *IRP-726 – Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários, DNIT 2006;*
- *IS-203: Estudos Hidrológicos (ANEXO B3);*
- *IPR-727 – Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários - Instruções para Apresentação de Relatórios, DNIT 2006;*
- *IPR-739 – Instruções para Acompanhamento e Análise de Estudos e Projetos Rodoviários, DNIT 2010;*
- *IPR-742 – Manual de Implantação Básica de Rodovia, DNIT 2010.*

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE PROJETO

O presente projeto contempla intervenções na bacia hidrográfica do ribeirão Santo Antônio, compreendido no município de Aparecida de Goiânia.





A seguir são apresentadas as características na área de influência do projeto.

5.1.1 Geologia

O estado de Goiás, como um todo, é caracterizado por possuir poucas amplitudes altimétricas e um variado aspecto morfológico.

Seis conjuntos morfoestruturais, com suas subdivisões, formam a área do estado, são eles a Região do Planalto Central Goiano, Região dos Planaltos Setentrionais da Bacia Sedimentar do Paraná, Região do Divisor do São Francisco-Tocantins, Região dos Planaltos Areníticos-Basálticos Interiores, Região das Superfícies Aplanadas e Região dos Planaltos e Chapadas Goiás-Minas.

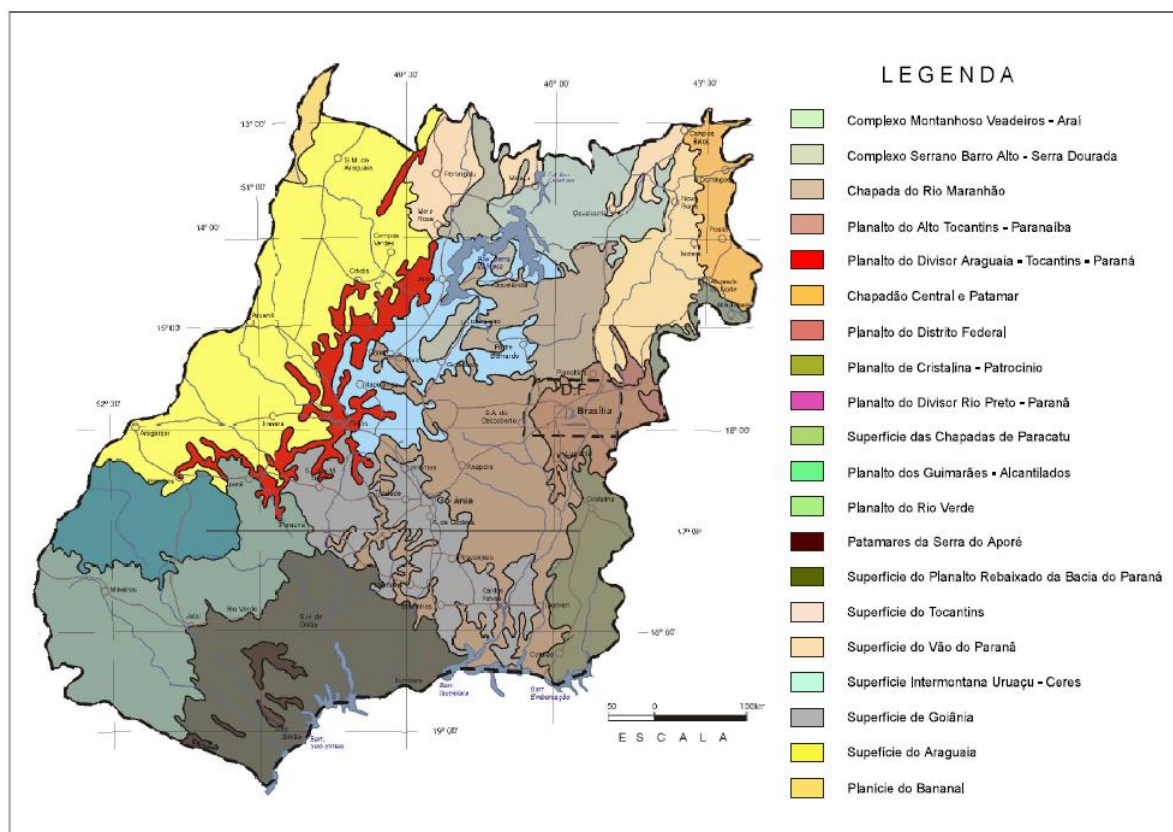


Figura 133 - Esboço Geomorfológico do estado de Goiás (Fonte: Serviço Geológico do Brasil – CPRM).

A área de abrangência dos estudos, município de Aparecida de Goiânia, está englobada no Planalto Rebaixado de Goiânia, uma subdivisão do Planalto Central Goiano. É representada basicamente por rochas metamórficas, denominadas de Grupo Araxá (Lacerda Filho et al., 1999), rochas estas, formadas a cerca de 1 bilhão de anos, por complexos processos geológicos.

Na região em estudo, o Grupo Araxá é caracterizado por xistos e quartzitos (Marini, 1981; Fuck et al., 1993 e 2000; e Pimentel 1992 e 1995). Os xistos são rochas ricas em micas (muscovita, biotita e clorita), sendo constituídas por quartzo, granada e mais raramente feldspatos e turmalina. Os quartzitos são rochas ricas em quartzo e podem conter concentrações variáveis de micas (muscovita). Os xistos e quartzitos são foliados em função da orientação dos minerais micáceos.

Por serem mais facilmente alterados pelos agentes do intemperismo (variação de calor, infiltração de água, ação do vento e erosão), os xistos ocupam as áreas rebaixadas do relevo e afloram, principalmente, na forma de lajedos nos principais córregos da área em estudo.

Nas demais áreas estas rochas encontram-se recobertas por mantos de solos. Os quartzitos, por serem mais resistentes ao intemperismo, ocorrem nas áreas topograficamente mais elevadas, representadas pela Serra da Areia. A deformação tectônica (plástica e rígida) que afetou o conjunto de rochas, além de causar a orientação dos minerais metamórficos, foi responsável pela formação de juntas, diaclases, fraturas e falhas. Este conjunto

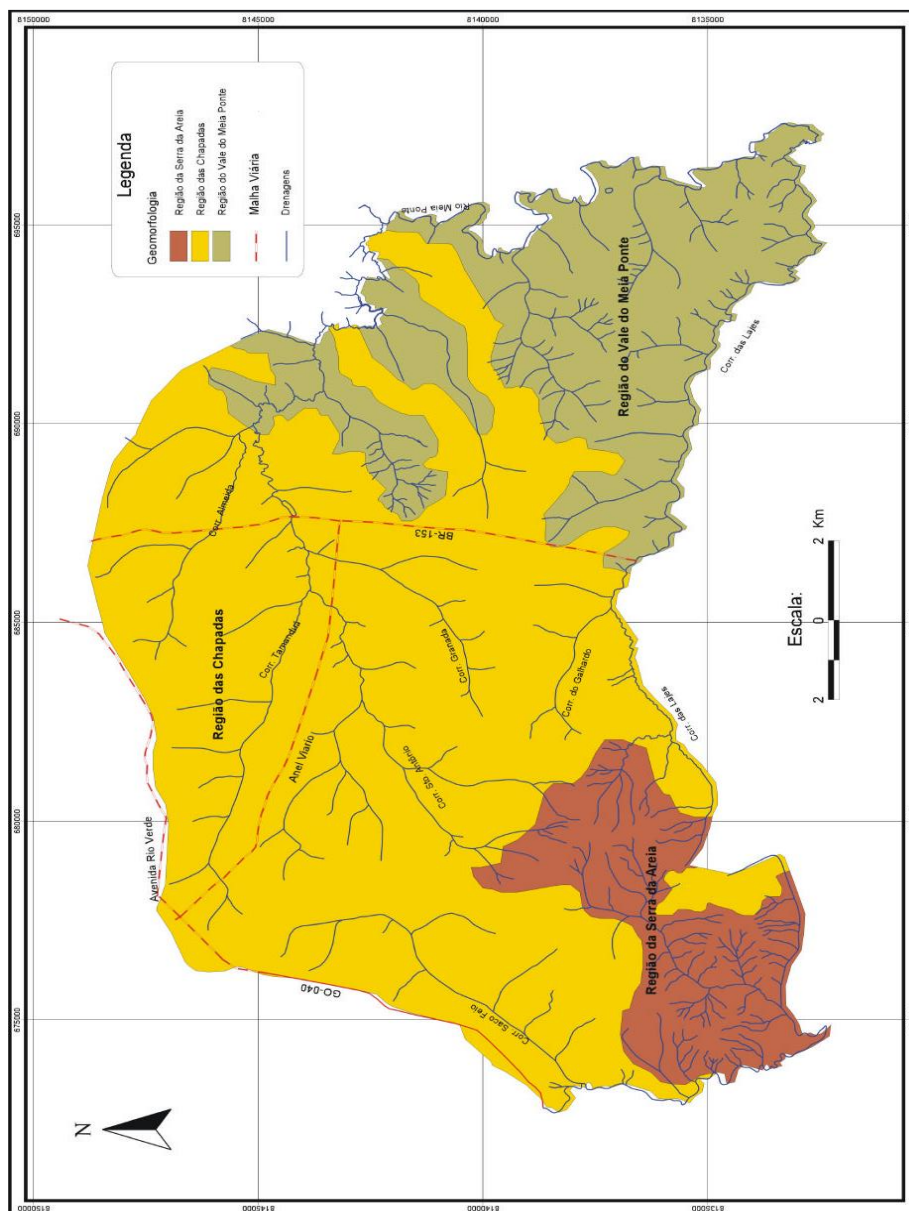


Figura 15 - Mapa Geomorfológico do município de Aparecida de Goiânia.

A Região da Serra da Areia localiza-se no quadrante sudoeste do município e é representada pela serra homônima e adjacências. Constitui um padrão de relevo forte ondulado apresentando máxima amplitude de altitude com cotas na ordem de 760 a 999 metros. Os solos mais representativos desta compartimentação geomorfológica são Neossolos Litólicos, Cambissolos Háplicos e Neossolos Quartzarênicos.

Na Região das Chapadas, o relevo apresenta padrão suave ondulado, com predomínio de Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos nas áreas aplainadas e Cambissolos Háplicos nas vertentes de drenagens mais encaixadas. A dissecação desta unidade aumenta em direção a leste, com cotas na ordem de 840 a 720 metros. Nesta unidade geomorfológica, a densidade de drenagem é baixa e os processos de intemperismo e pedogênese superam o transporte, tratando-se de um compartimento estável do ponto de vista geodinâmico.

Já a Região do Vale do Meia Ponte localiza-se na porção leste do município e inclui, o vale do Rio Meia Ponte e os baixos cursos do Ribeirão Santo Antônio e do Córrego das Lages. O padrão de relevo é ondulado, com declividades moderadas e cotas inferiores a 720 metros. Os Cambissolos são os tipos de coberturas mais comumente observadas, sendo que os Latossolos ocupam alguns trechos de padrão de relevo tabular, entre os vales de drenagem (grotas e córregos perenes).

5.1.3 Solos

Os solos da região estão associados a fatores determinantes como clima, relevo e substrato rochoso, dentre outros. Procurou-se interpretar a distribuição de ocorrências geneticamente homogêneas de solos, associando suas características ao interesse das obras.

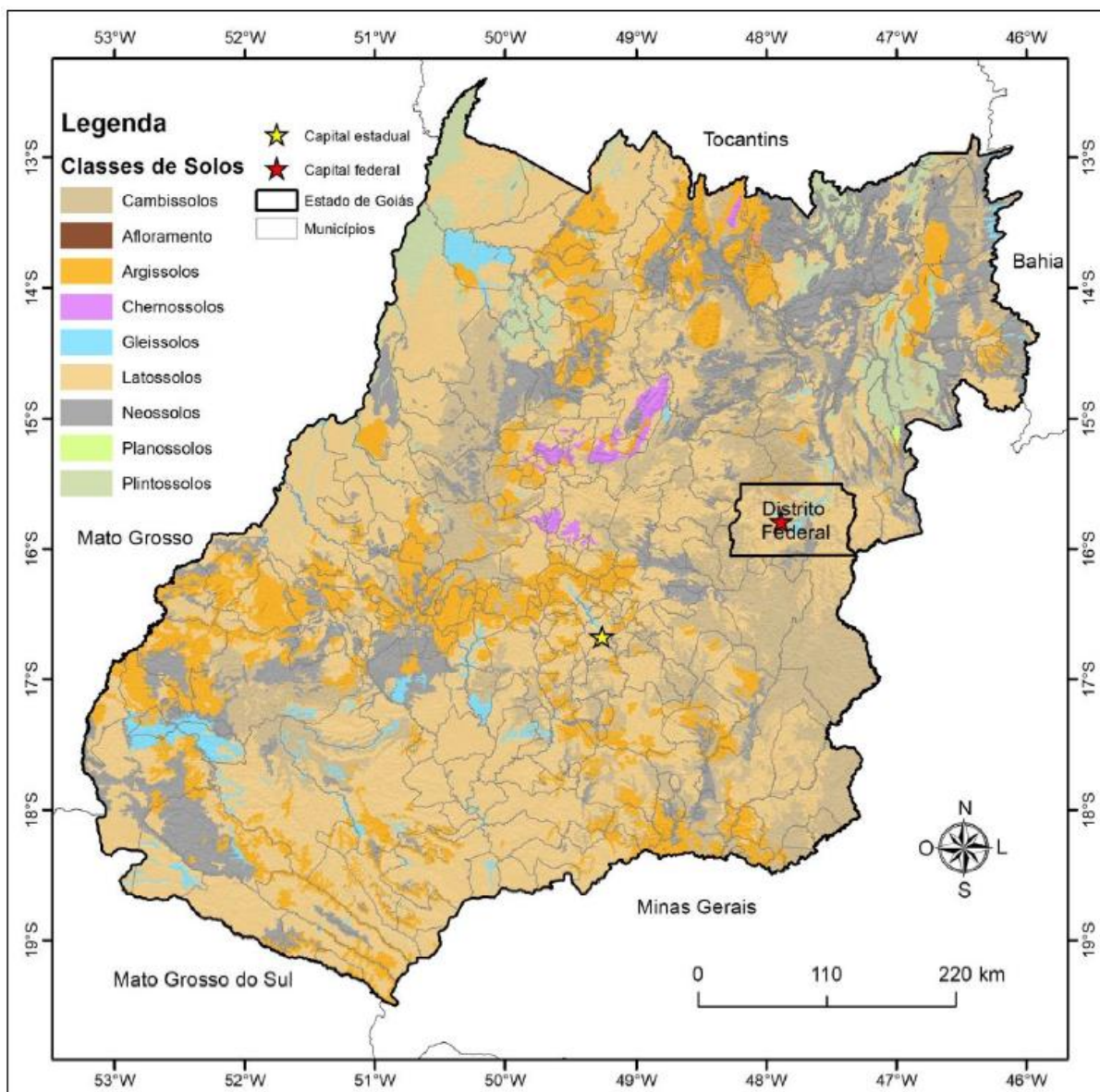


Figura 16 - Solos do estado de Goiás e DF (Fonte: Nascimento, Diego Tarley Ferreira - 2017).

De acordo com mapeamento elaborado pelo IBGE (1994), foi constatado os tipos solos presentes no município de Aparecida de Goiânia. Por meio deste mapeamento seis classes de solos foram cartografadas e denominadas segundo os critérios de classificação dos solos brasileiros (EMBRAPA, 1999).

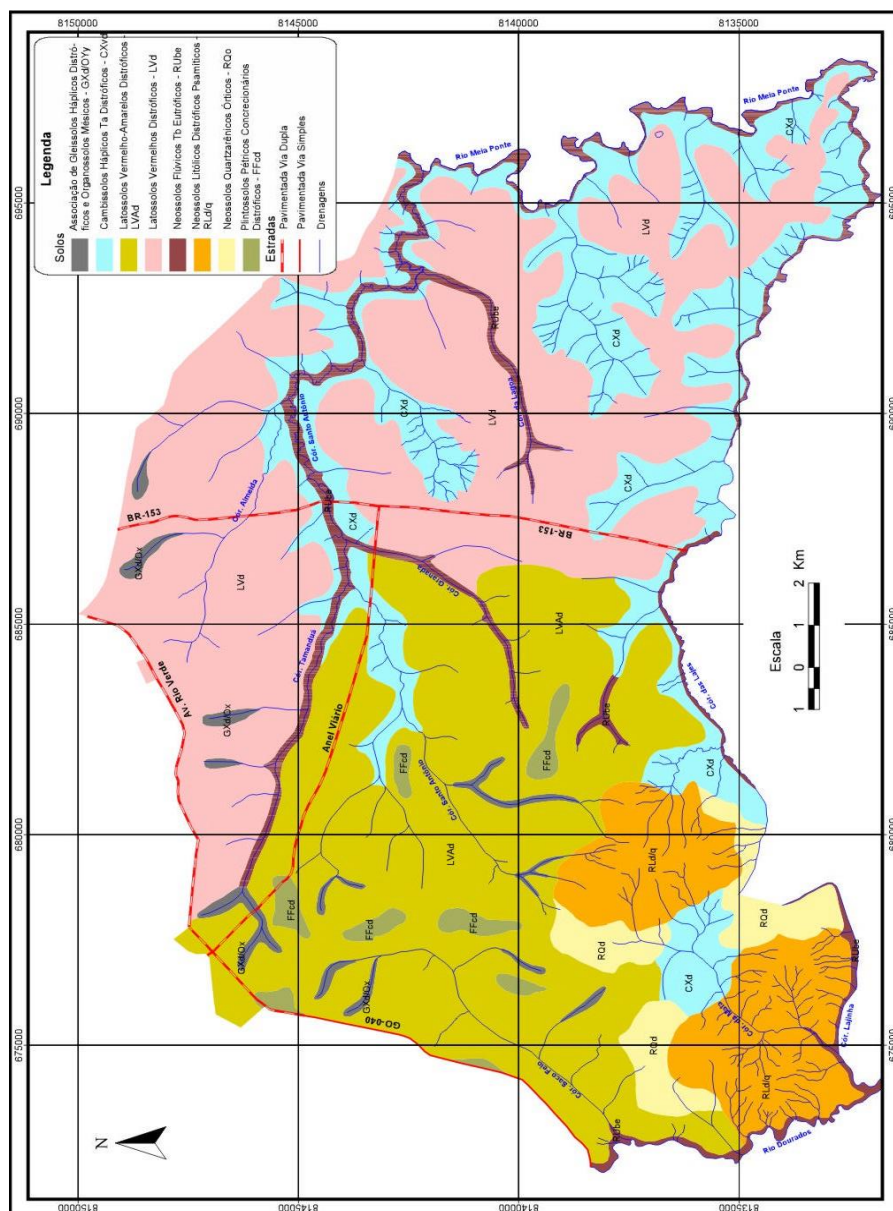


Figura 17 - Mapa de Solos do município de Aparecida de Goiânia

Desta forma, foram caracterizadas as seguintes classes de solos: Latossolos Vermelhos Distróficos; Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos; Cambissolos Háplicos Ta Distróficos; Gleissolos Háplicos Distróficos; Neossolos Flúvicos Tb Eutróficos; Neossolos Quartzarênicos Órticos; Neossolos Litólicos Distróficos/Psamíticos; Organossolos Mésicos; e Plintossolos Pétricos Concrecionários Distróficos.

Na área de interesse para os estudos de implantação da obra de arte especial, são representados predominantemente Latossolos Vermelhos Distróficos, Cambissolos Háplicos Ta Distróficos e Neossolos Flúvicos Tb Eutróficos. Apresenta-se a seguir algumas considerações importantes sobre os solos supracitados.

- *Latossolos*

São solos submetidos a intenso processo de lixiviação de bases ao longo do seu perfil, resultando em um pacote pedológico no qual o material encontra-se altamente intemperizado, com alteração intensa dos silicatos e concentrações de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio. No perfil de um latossolo a transição entre os horizontes é gradual ou difusa e a textura exibe-se de maneira uniforme, não havendo acúmulo de argila. Nessa classe os solos apresentam elevada acidez, onde os ácidos orgânicos ocorrem como fração mais expressiva da porção húmica, uma vez que a matéria orgânica é rapidamente decomposta e lixiviada, o que impossibilita uma acumulação representativa.

No município de Aparecida de Goiânia, são encontrados Latossolos subdivididos nas seguintes subordens: Latossolos Vermelhos Distróficos (LVd) e Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos (LVAd). Latossolos Vermelhos Distróficos (LVd) - ocorrem associados a topos de chapadas, sobre relevos com superfícies suaves onduladas a onduladas. São, também, associados à vegetação de cerrado e/ou cerradão. A remoção de parte da sílica estrutural presente no material originário torna o solo mais friável, menos plástico e significativamente permeável. Esta permeabilidade favorece não só a uma maior resistência natural aos processos erosivos, mas também ao avanço no estágio de intemperização. Normalmente, os Latossolos Vermelhos exibem perfis profundos, são muito porosos e bastante permeáveis.

Na área de estudo, são representativos os Latossolos Vermelhos Distróficos (LVd), com textura argilosa, em relevos plano a suave ondulado da Unidade Geomorfológica da Região das Chapadas. Em geral, possuem declividade inferior a 8%, associados à vegetação de campo cerrado e condição erosiva praticamente nula. O material de origem desses solos ocorre associado a xistos.

Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos (LVAd) - Apresentam-se comumente nos rebordos de chapada e dispersores de água, em superfícies planas e vertentes com declividades entre 5 e 10%, associados à vegetação de cerrado sensu stricto, campo limpo e campo sujo. Na maior parte dos casos situa-se adjacente à classe dos Latossolos Vermelhos (LV).

No município, este solo é decorrente da pedogênese em xistos quartzosos do Grupo Araxá. Diferenciam-se dos Latossolos Vermelhos Distróficos (LVd) por apresentarem suprimento de óxidos de ferro menor, acarretando colorações mais amareladas, drenagem moderada e boas condições de aeração.

- *Cambissolos*

Trata-se de solos pouco desenvolvidos, cuja pedogênese já alterou o material de origem, encontrando-se, ainda, fragmentos de minerais primários e materiais pedregosos. Estes solos ocorrem preferencialmente nas vertentes e encostas com declividades mais elevadas, em relevos movimentados.

- *Neossolos*

São solos que possuem um perfil pouco desenvolvido, são constituídos por material mineral ou orgânico, em geral, com menos de 30 cm de espessura. No município ocorrem os Neossolos Quartzarênicos Órticos, os Neossolos Flúvicos Tb Eutróficos e os Neossolos Litólicos Distróficos/Psamíticos.

Neossolos Quartzarênicos Órtico (RQo) – Possuem ocorrência intimamente relacionada ao ambiente de Rebordo da Serra da Areia, onde se exibem particularmente sobre quartzitos do Grupo Araxá (figura 09) e no sopé das encostas íngremes onde ocorrem afloramentos destas rochas. São comumente mais profundos, chegando a exibir perfis com profundidades superiores a um metro. Por serem derivados de rochas arenosas, o quartzo predomina na fração areia desses solos, ficando a concentração dos seus poucos nutrientes restrita à porção orgânica, sendo caracterizados como solos minerais, pouco desenvolvidos (imaturos), profundos, excessivamente drenados e porosos. Além da expressiva profundidade, normalmente apresentam como propriedades: grãos simples, estrutura fraca, elevada permeabilidade, alta condutividade hidráulica e alta suscetibilidade à erosão.

5.1.4 Relevo

A topografia do terreno é o principal condicionador de sua capacidade de uso. O objetivo de conhecer a topografia e declividade do terreno é compreender o comportamento dos fluxos de água e a capacidade de uso do solo, que podem vir a gerar erosão e movimento de massas devido às transições abruptas de gradientes.

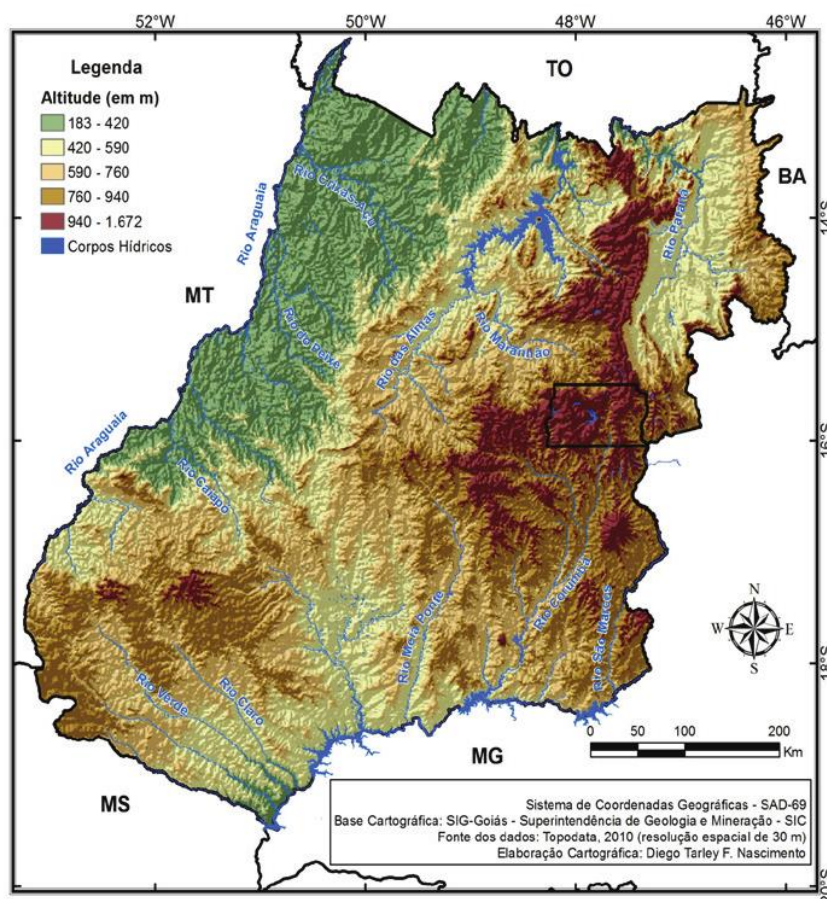


Figura 18 - Altimetria do estado de Goiás (Fonte: Oliveira, Ivanilton José de - 2016).

O município de Aparecida de Goiânia, localizado no Planalto Central, é caracterizada por possuir relevo predominantemente plano com baixa declividade e altitude média de 800 m. Nas suas regiões Sul e Sudoeste, onde se localiza a Serra das Areias, que constitui um subsistema integrante do Geossistema Chapadas de Aragoiânia-Abadia de Goiás, ocorre a maior variação altimétrica do município.

5.1.5 Vegetação

A vegetação predominante na região é típica dos cerrados do centro-oeste. Estes constituem uma boa cobertura vegetal pré-amazônica entre a floresta tropical e a floresta estacional das regiões mais elevadas no centro-sul do país. Sendo representada pela savana arbórea aberta com floresta galeria.

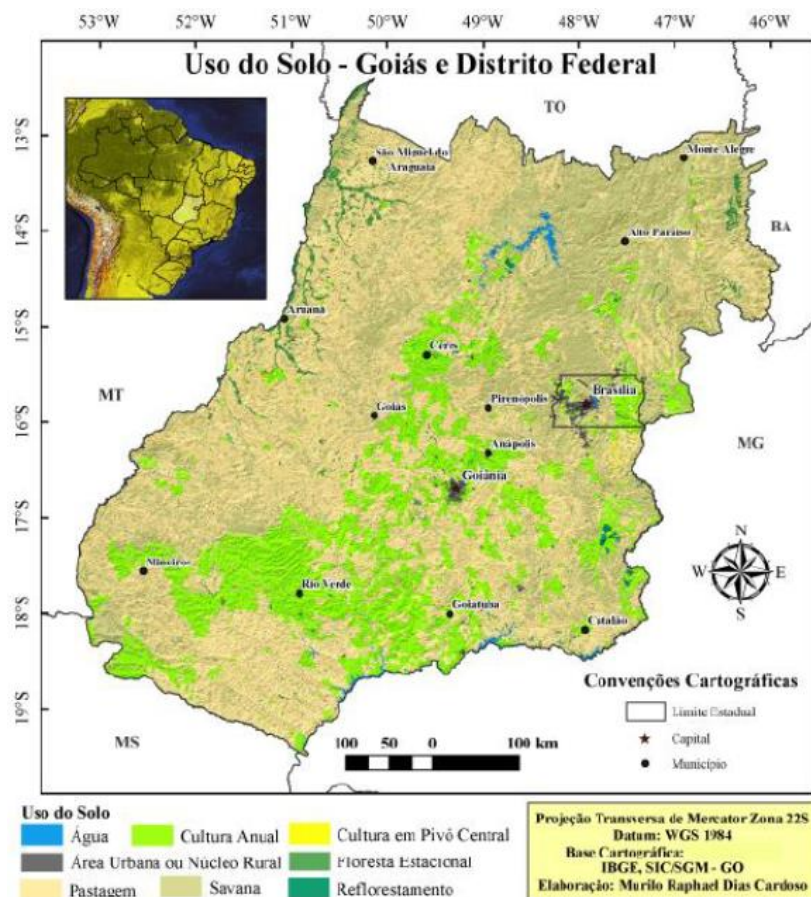


Figura 19 - altimetria do estado de Goiás (Fonte Oliveira Ivanilton José de - 2016)

5.1.6 Hidrografia

A hidrografia do município é formada pelo rio Meia Ponte que o banha em pequena extensão, servindo de limite com outros municípios. O ribeirão Santo Antônio e os córregos das Lages, Tamanduá e do Almeida, são os principais talvegues que banham o seu território.

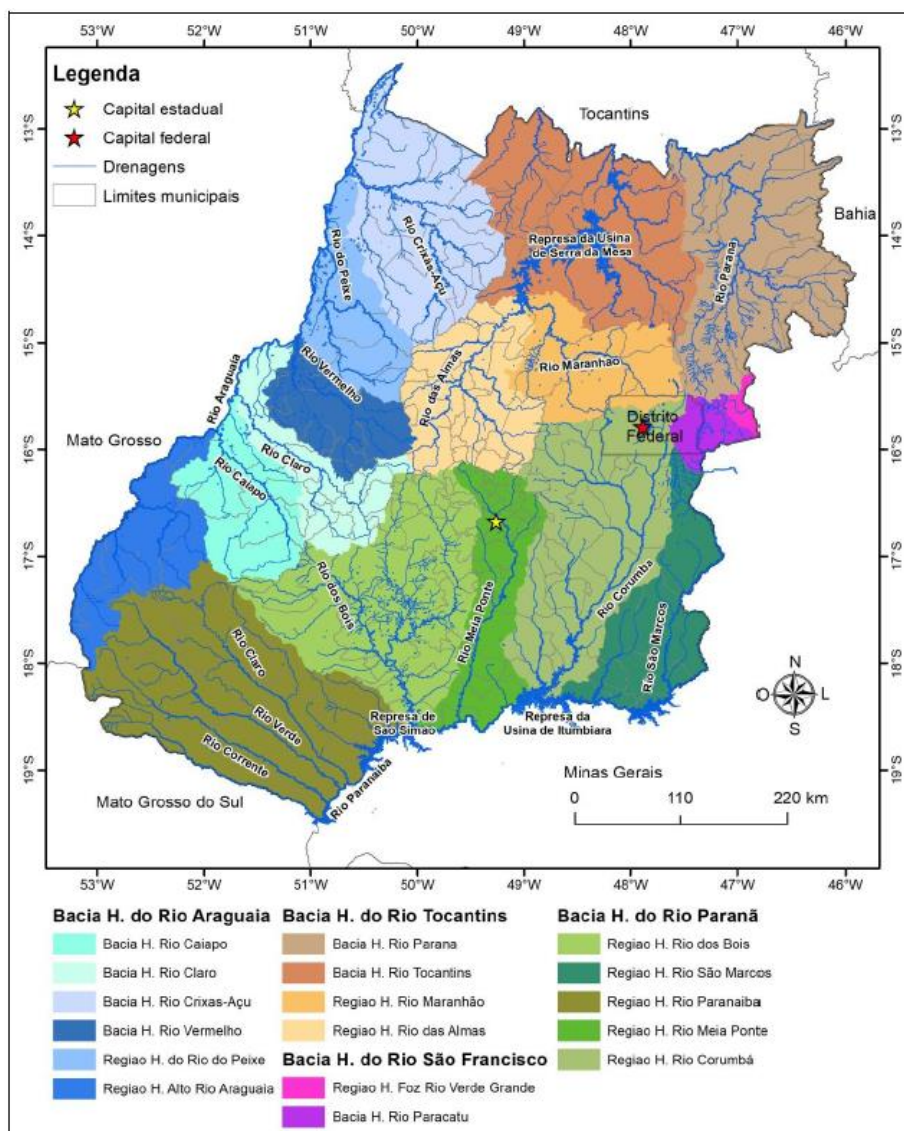


Figura 20 - Hidrografia do estado de Goiás (Fonte: Ferreira Nascimento, Diego T.).

A maior parte da rede hidrográfica do município de Aparecida de Goiânia apresenta um sentido de drenagem de oeste para leste, representado pelo Ribeirão Santo Antônio e o córrego das Lajes, sendo que parte da porção oeste é drenada para o mesmo quadrante, através dos córregos da Mata e Rodeio, afluentes do Rio Dourados, sendo o Rio Meia Ponte o exutório de todo fluxo superficial.

5.1.7 Clima e condições meteorológicas

Uma região ou domínio climático se refere a certa área da superfície da Terra delimitada por um conjunto de condições climáticas aproximadamente homogêneas (VIANELLO,1991). Os sistemas de classificações climáticas indicam as tipologias climáticas dos diferentes lugares, com base nas características dos parâmetros atmosféricos, transcorrendo em importantes insumos ao planejamento urbano, rural, regional e ambiental.

As classificações climáticas são baseadas na delimitação e descrição de diferentes parâmetros climáticos com o propósito de sistematizar, sintetizar, simplificar, condensar e comunicar as informações referentes às características climáticas de determinado local ou região.

A classificação climática de Köppen-Geiger, baseada principalmente na quantidade e distribuição de precipitação e temperatura, anual e mensal, é o sistema empregado nos Estudos Hidrológicos aqui apresentados.

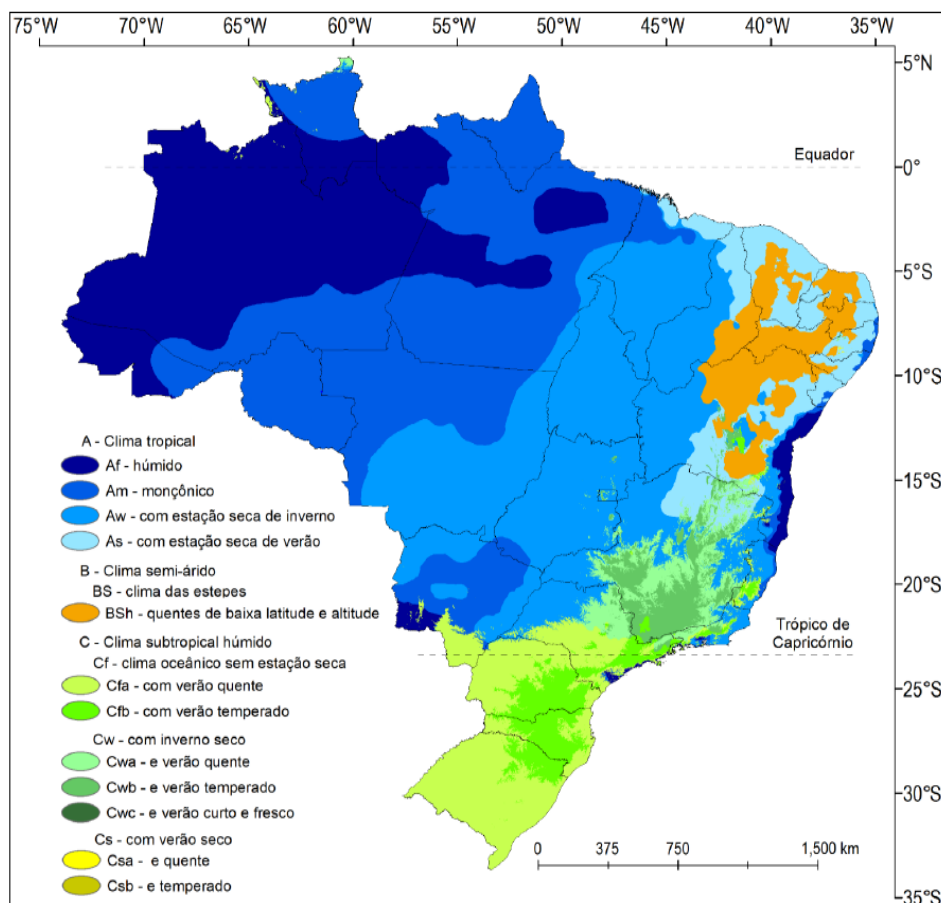


Figura 21 Classificação climática de Köppen-Geiger para o Brasil (Fonte: Geografando, 2014).

Na área de abrangência dos estudos, assim como de modo geral no Estado de Goiás, predominam-se temperaturas mais elevadas na primavera e verão. O outono e o inverno, embora sujeito a máximas diárias elevadas, são estações caracterizadas por estabilidade climática e reduzida precipitação, ocorrendo a inversão térmica por radiação na camada inferior da atmosfera, a qual é responsável pela ocorrência de bruma seca e pela acumulação de fumaça e particulados oriundos das atividades antrópicas, como, por exemplo, as queimadas e os desmatamentos. Essas estações apresentam menor umidade relativa do ar, com agosto sendo o mês mais seco do ano. Tem-se o mês de dezembro, no verão, como o mais úmido.

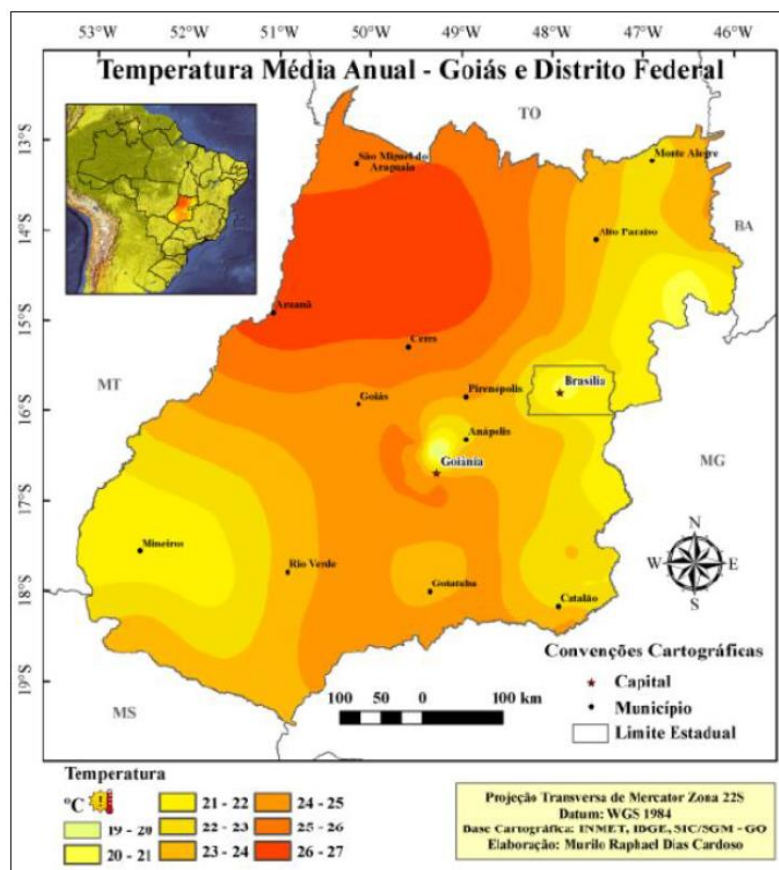


Figura 22 Temperatura média anual Goiás e DF (Fonte: Dias Cardoso, Marcuzzo e Barros – 2012).

Embora existam várias estações climatológicas na região para a análise dos dados climáticos optou-se por utilizar a Série Histórica da Estação Goiânia - INMET (16°40' latitude sul e 49°15' longitude oeste), que apresenta o mesmo padrão climático das estações que circundam o município de Aparecida de Goiânia. Os vários parâmetros são apresentados na forma de tabelas e gráficos, mostrando as médias históricas de um período de sessenta anos, que, de forma satisfatória, representam o comportamento climatológico da região.

O tipo climático do trecho segundo a classificação de Köppen é Aw, tropical quente e úmido, com chuvas de verão e inverno seco. O clima regional, segundo os estudos de Köppen e Goussien - Bagnouls, se enquadra no grupo dos climas controlados por massa de ar equatoriais e tropicais e no subgrupo dos climas tropicais alternadamente secos e úmidos

5.1.8 Temperatura

Aparecida de Goiânia possui um clima tropical semiúmido, sendo quente a maior parte do ano. Apesar disto, no inverno as temperaturas mínimas podem cair para até 9°C. As máximas, porém, podem ser superiores a 31°C. (Temperaturas típicas de um dia de inverno: mín. 11°C/máx. 28°C). Na primavera são registradas as maiores temperaturas.

Há casos em que as máximas podem alcançar ou ultrapassar os 38°C. (Temperaturas típicas de um dia de primavera: mín. 21°C/máx. 35°C). No verão as temperaturas giram entre 19°C e 29°C. (Temperaturas típicas de um dia de verão: mín. 20°C/máx. 29°C). No outono as temperaturas ficam mais amenas, variando entre 14°C e 28°C. (Temperaturas típicas de um dia de outono: mín. 15°C/máx. 27°C).

5.1.9 Umidade Relativa do Ar

Segundo os dados apresentados no Plano Estadual de Recursos Hídricos (1995 - 1998) feito pela Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Estado de Goiás, foi considerado para Aparecida de

Goiânia os mesmos parâmetros do município de Goiânia, com umidade relativa do ar igual a 66% e a evaporação total de 1.576,6mm.

5.1.10 Insolação

Embora os dias sejam mais curtos, a insolação no inverno é igual ou superior a do verão, pois o céu se apresenta mais límpido, com poucas nuvens. As médias mensais de insolação estão em torno de 7 h/dia.

5.1.11 Ventos

Os ventos predominantes provêm do quadrante norte e atuam praticamente todo o ano, apesar do evidente predomínio nos meses de outubro a fevereiro, observa-se que os ventos do Leste predominam basicamente no inverno (junho e julho). Os ventos de nordeste e noroeste predominam basicamente nos meses de março, abril, maio, agosto e setembro.

Os ventos são de características moderadas durante todo o ano, com média de 1,0 m/s, e somente ocorre situações de ventanias em ocasiões esporádicas.

5.1.12 Pluviometria

A distribuição pluviométrica da região da grande Goiânia apresenta um padrão típico do centro-oeste do Brasil e do domínio morfoclimático dos cerrados. O regime de chuvas caracteriza a forte sazonalidade e duas estações bem definidas, o verão chuvoso e o inverno seco.

O ano hidrológico para a Estação N° 01649013, referência para este estudo, se inicia em agosto, com o início do período chuvoso, e se finaliza em julho, coincidindo com o final do período seco.

Para o estudo das precipitações pluviométricas, utilizamos os dados fornecidos pela Agência Nacional de Águas (ANA) coletados na seguinte Estação (Postos):

Tabela 1 - Estações Pluviométricas para coleta de dados

DADOS - ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS	
Código (N°)	1649013
Nome	GOIÂNIA
Código adicional	-
Bacia	6 - Rio Paraná
Sub-bacia	-
Rio	-
Estado	Goiás
Município	Goiânia
Responsável	INMET
Operadora	INMET
Latitude	-16,67
Longitude	-49,26
Altitude (m)	-
Área de drenagem (km²)	-

A coleta de dados para medição da pluviometria na referida estação é realizada através da utilização de pluviômetros.

Com relação ao grau de consistência dos dados coletados, se trabalhou com o nível 2, dados consistidos pela ANA, uma vez que as informações de nível 1, dados brutos, não são pré-analisadas pela ANA quanto a consistência, aumentando o grau de incerteza das amostras. A figura apresentada a seguir, expõe a localização dos postos pluviométricos existentes na área de influência do estudo

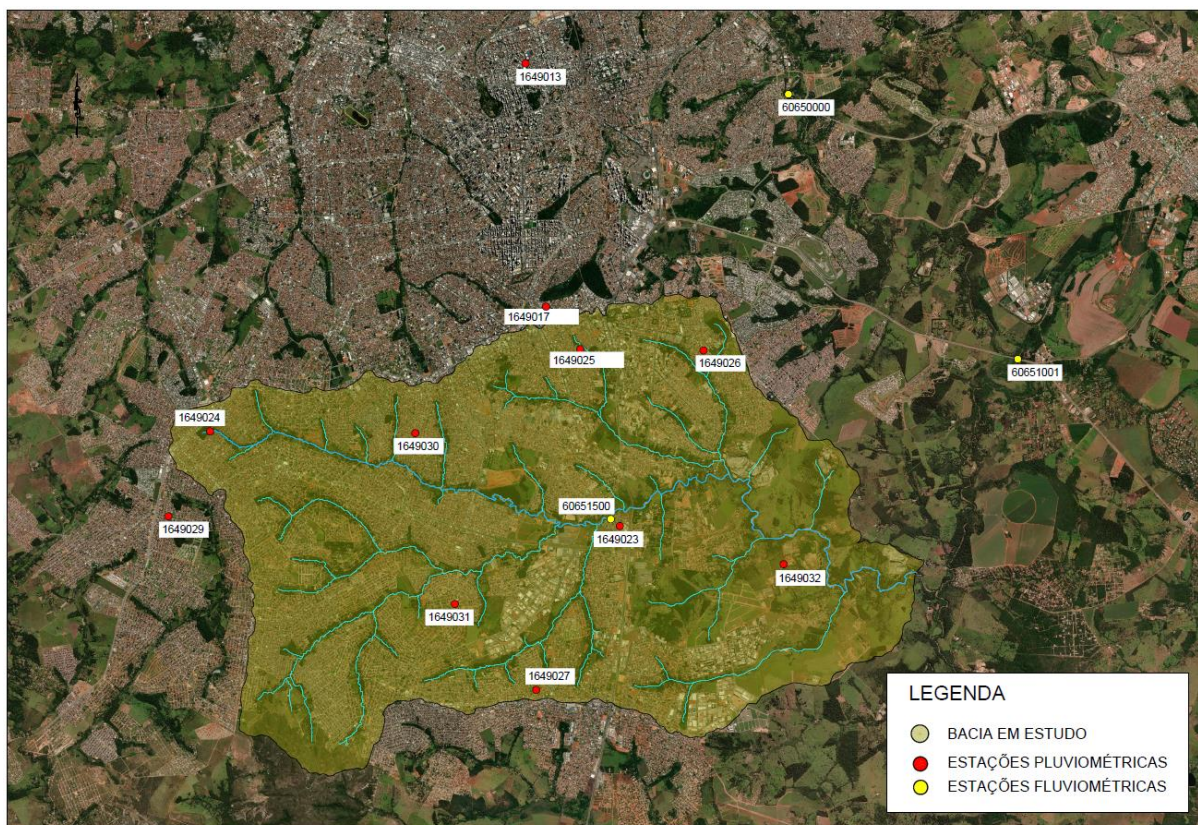


Figura 23- Localização das Estações de Coleta de Dados Pluviométricos

O mecanismo atmosférico nas regiões tropicais se caracteriza, sobretudo, por sua notável irregularidade, isto é, sua dinâmica costuma apresentar comportamentos bem distintos quando comparada de um ano para outro.

As precipitações em cada ano estão sujeitas a totais bem distintos, podendo afastar-se grandemente dos valores normais. Entretanto, não obstante sua posição tropical, a Região Centro-Oeste não apresenta desvios notáveis como acontece com as demais regiões tropicais do Brasil. A média do desvio pluviométrico anual, positivo ou negativo, em relação à normal é, na maior parte do território regional, inferior a 15%. Em outras palavras, os valores pluviométricos de um ano para o outro variam em média pouco abaixo de 15% a mais ou a menos do total médio, representado pela normal.

Contudo, por se tratar de desvios médios sua importância reside apenas no fato delas indicarem a tendência da irregularidade: as áreas de maiores desvios médios são aquelas mais sujeitas, em determinados anos, a maiores desvios efetivos, e estes, só raramente, atingem valores superiores a 50%. Isto significa que os desvios extremos na região Centro-Oeste são muito inferiores aos registrados nas outras regiões tropicais do Brasil.

Estes índices de desvios relativamente baixos decorrem do fato de que o principal sistema de correntes perturbadas da Região Centro-Oeste é justamente o menos irregular, ou seja, é aquele que apresenta a menor variação anual.

Tabela 2 - Pluviometria – BR-153/GO – Estação N° 01649013 Goiânia

RESUMO - GOIÂNIA N° 1649013								
Mês	Precipitação mínima mensal (mm)	Precipitação média mensal (mm)	Precipitação máxima mensal (mm)	Precipitação máxima registrada em um dia no mês (mm)	Precipitação mínima registrada em um dia no mês (mm)	Dias de chuva (mínimo)	Dias de chuva (média)	Dias de chuva (máximo)
Janeiro	73,60	260,82	559,60	124,20	20,80	12	22	28
Fevereiro	90,10	222,93	403,90	102,40	15,40	7	19	27
Março	56,40	230,75	526,00	99,90	17,50	6	19	29
Abril	1,30	126,22	325,20	116,80	1,00	2	11	19
Maio	0,00	35,03	141,10	79,10	0,00	0	4	12
Junho	0,00	9,43	76,40	47,10	0,00	0	1	6
Julho	0,00	6,52	110,40	40,60	0,00	0	1	8
Agosto	0,00	10,56	73,50	44,40	0,00	0	2	9
Setembro	0,00	46,01	148,30	77,50	0,00	0	6	18
Outubro	18,20	157,66	401,60	127,80	5,50	5	14	26
Novembro	35,00	224,28	405,00	93,20	15,60	6	18	26
Dezembro	96,90	273,64	530,50	153,60	20,60	13	22	28
Total		1603,86		153,60 (07/12/1954)		0	139	29

As chuvas iniciam-se no mês de agosto e geralmente se intensificam em outubro, atingindo a maior pluviosidade nos meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março, durante esses meses chove em média 75% do total anual.

Mais de 75% do total de chuvas acumuladas durante o ano se precipita de novembro a março, sendo geralmente mais chuvoso os meses de dezembro, janeiro e março.

Em contrapartida, o inverno é excessivamente seco. Nesta época do ano as chuvas são muito raras, havendo vários dias em que não são registradas. Além de serem muito reduzidas as ocorrências de chuvas durante o inverno, estas são pouco copiosas, razão pela qual os totais mensais de precipitações nesta época são pouco significativas, acumula-se, em média, apenas 9 mm de chuvas. Assinalamos ainda que, não apenas o trimestre de inverno é seco, mas também o mês que o antecede (maio) e o mês que o sucede (setembro) são pouco chuvosos.

A seguir são apresentados os histogramas com os valores das precipitações totais mensais, para o ano hidrológico e para o ano civil, e o histograma com o número de dias de chuva para a respectiva estação pluviométrica utilizada no estudo.

Estação N° 01649013 – Goiânia

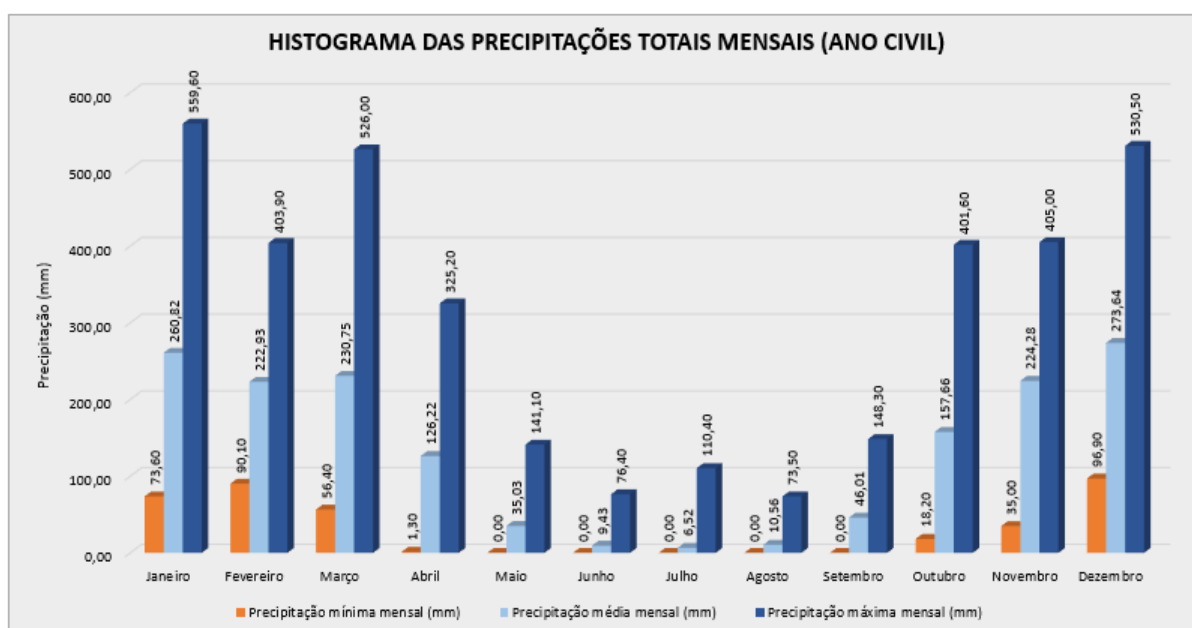


Figura 24 – Precipitações totais mensais (ano civil)

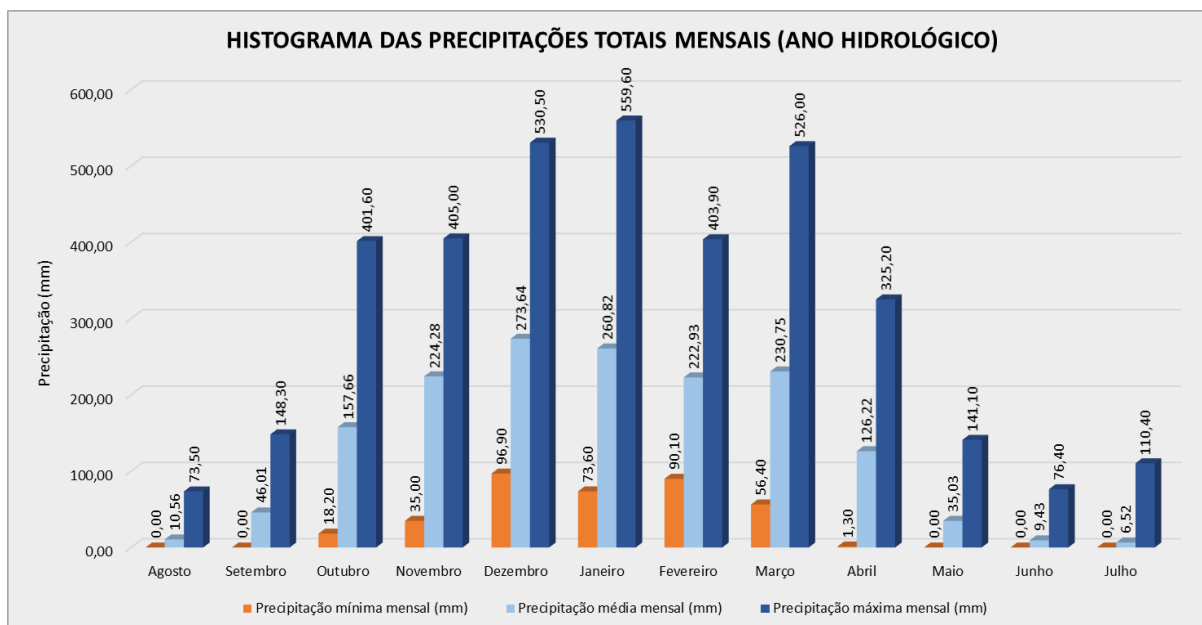


Figura 25 – Precipitações totais mensais (ano hidrológico)

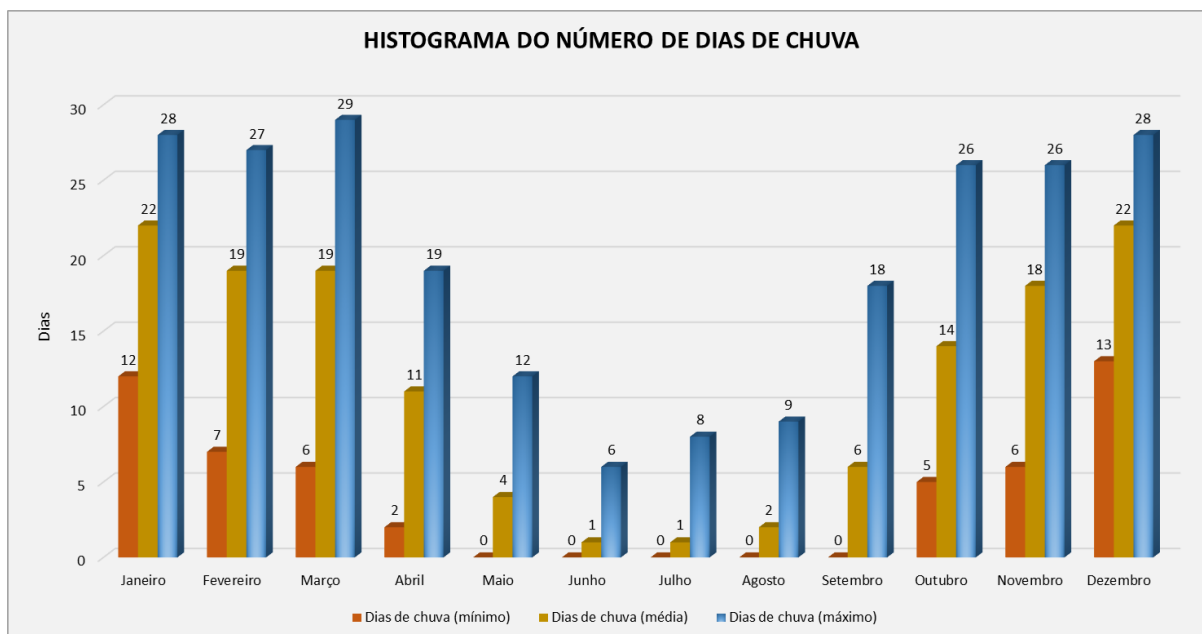


Figura 26 – Número de dias de chuva

Com base nos dados fornecidos pela Agência Nacional de Águas (ANA) e o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), temos:

- *Altura média de chuva do mês mais seco é de 6,52 mm (julho);*
- *Altura média de chuva do mês mais chuvoso é 273,64 mm (dezembro);*
- *Trimestre mais chuvoso: novembro a janeiro;*
- *Trimestre mais seco: junho a agosto;*
- *Média do nº de dias chuvosos por ano na região em estudo = 139 dias;*
- *Total pluviométrico anual = 1.603,86 mm;*

O regime de chuvas na região deve-se quase que exclusivamente ao sistema de circulação atmosférica com pouca influência do relevo sobre as tendências gerais determinadas pelos fatores dinâmicos.

5.1.13 Fluviometria

Para a utilização de dados fluviométricos, determinados critérios devem ser atendidos, como normalmente o posto fluviométrico não se situa no próprio local da obra, há a necessidade de correção dos valores das descargas observadas para referi-las ao local da obra. Quanto maior a distância entre o posto e o local da obra mais imprecisa se torna essa correção, onde não se recomenda uma relação maior que dois nem menor que um meio entre as áreas controladas nesses dois pontos do curso d'água. Para o presente estudo não há postos que atendam às recomendações para utilização.

5.2 METODOLOGIA DO ESTUDO HIDROLÓGICO

O desenvolvimento dos Estudos Hidrológicos elaborados foi concebido em duas fases, a Fase Preliminar, onde ocorreu a coleta dos dados hidrológicos e a definição das bacias hidrográficas, e a Fase Definitiva, em que foram consolidados os estudos realizados na fase anterior envolvendo a coleta e análise desses dados e a determinação das descargas das bacias, objetivado através da seguinte sistemática:

- *Definição do modelo hidrológico regional;*
- *Determinação das chuvas intensas;*
- *Determinação das cheias de projeto.*

Para a descarga de pico adotou-se a seguinte metodologia:

- *Para bacias com áreas < 4 km², adota-se o Método Racional;*
- *Para bacias com áreas > 4 km² e < 10 km², adota-se o Método Racional Corrigido;*
- *Para Bacias com áreas > 10 km² adota-se o Hidrograma Unitário Triangular.*

A metodologia adotada segue o procedimento para estudos hidrológicos de drenagem urbana ilustrado abaixo:

Aspectos Sociais e Econômicos	PASSO 1	Escolha do Período de Retorno
Metereologia	PASSO 2	Determinação da Tormenta de Projeto
Hidrologia Pedologia Uso do Solo	PASSO 3	Determinação de Escoamento Superficial Direto
Hidrologia	PASSO 4	Determinação da Vazão de Projeto
Hidráulica	PASSO 5	Dimensionamento das Estruturas Hidráulicas

Figura 27 - (Porto, 1995) Livro: *Drenagem Urbana*

5.2.1 Período de Recorrência

Também denominado Período de Retorno, é o inverso da probabilidade de um determinado evento hidrológico ser igualado ou excedido em um ano qualquer. Ao se decidir que uma obra será projetada para uma vazão com período de recorrência T anos, automaticamente, decide-se o grau de proteção, trata-se, portanto, de escolher qual o “risco aceitável”.

As dificuldades em se estabelecer, objetivamente, o período de recorrência, fazem com que a escolha recaia sobre os valores aceitos de forma mais ou menos ampla pelo meio técnico. Muitas entidades fixam os períodos de retorno para diversos tipos de obra como critério de projeto. A fixação do tempo de recorrência necessita de atenção especial, tais como:

- Periculosidade de subestimação das vazões pelos danos que as cheias possam ocasionar às populações adjacentes e às propriedades;
- Interrupção de tráfego;
- Danos às obras de drenagem;
- Fatores econômicos.

O tempo de retorno adotado no presente estudo para a implantação das pontes é de 100 anos. Atendendo a determinação dos tempos de recorrência fixados na tabela apresentada a seguir.

Tabela 3 – Tempo de recorrência

Espécie	Período de recorrência (anos)
Drenagem superficial	5 a 10
Drenagem subsuperficial	10
Bueiros Tubulares	15 (como canal)
	25 (como orifício)
Bueiro Celular	25 (como canal)
	50 (como orifício)
Pontilhão	50
Ponte	100

Fonte: IS-203 – Estudos Hidrológicos (Adaptada).

5.2.2 Determinação da Intensidade de Chuva

Para a análise comparativa entre a equação de chuva consagrada para o município de Aparecida de Goiânia e o posto pluviométrico de influência, realizou-se análises estatísticas do posto em questão para posteriormente analisar os dados com os da equação de chuva. Para a coleta de dados do posto pluviométrico, seguiu-se as orientações do Anexo B3 IS-203:Estudos Hidrológicos contidas na publicação *IPR-726 Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários – Escopos básicos/Instruções de serviço do DNIT* e as orientações contidas no *Guia de Análise de Projetos Rodoviários*, também do DNIT, onde se recomenda que o período da série histórica seja o maior possível, de preferência superior a 20 anos, com poucas falhas e com medições consistidas.

A estação N° 01649013 – Goiânia, com 60 anos de observações completas, porém não contínuas, apresenta boa confiabilidade de dados, tornando-a apta para o uso no Estudo. Como critério para seleção dos dados foram selecionados os 60 intervalos que apresentam maiores valores de pluviometria, em que não há falhas de dados no ano hidrológico ou em que possíveis falhas não interfiram nos valores de precipitação máxima necessários para definição da vazão máxima de projeto. Os meses de constatação de maior pluviometria em que se verificou inconsistências ou falhas nos dados foram descartados.

Os dados selecionados são apresentados a seguir:

Tabela 4 - Dados de precipitação média mensal – Goiânia nº 1649013

DADOS MENSAIS DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA EM 1 DIA (mm)													
Ano	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1950	33,00	41,40	50,90	12,20	19,20	0,00	0,00	0,00	13,60	43,00	66,00	34,00	66,00
1951	29,70	50,70	48,00	25,80	0,40	2,50	0,00	0,00	0,00	104,00	53,90	46,20	104,00
1954	102,70	33,00	50,30	67,80	1,60	1,00	0,00	0,00	4,00	5,50	54,00	153,60	153,60
1955	37,90	60,70	53,00	57,20	37,40	28,50	0,40	0,00	0,00	68,50	88,20	89,00	89,00
1956	36,20	65,60	35,60	30,40	33,40	0,00	17,70	13,10	15,70	30,10	58,20	71,30	71,30
1957	72,90	62,60	17,50	65,80	46,00	0,30	40,60	0,70	38,40	21,00	46,80	51,70	72,90
1958	43,50	75,00	44,70	19,80	0,90	11,60	0,00	0,00	49,90	36,90	15,60	56,40	75,00
1960	47,50	49,00	43,50	16,60	8,00	0,00	0,00	0,00	0,40	61,60	39,20	59,80	61,60
1962	35,20	57,80	20,10	24,80	17,10	0,00	0,00	0,20	4,00	60,50	53,20	52,00	60,50
1963	36,70	61,60	28,30	66,50	22,70	0,00	1,40	0,00	14,10	20,60	33,30	37,70	66,50
1964	66,80	15,40	37,60	40,60	13,60	40,60	0,20	0,00	72,00	51,40	56,00	52,20	72,00
1965	81,20	49,40	55,80	62,80	19,20	0,00	0,00	0,30	42,60	107,40	51,20	26,40	107,40
1966	46,40	56,60	57,50	27,00	0,00	3,00	0,00	3,60	18,50	22,00	23,70	89,80	89,80
1967	48,80	73,80	23,00	58,60	4,70	7,50	0,00	0,00	6,30	28,80	40,50	40,80	73,80
1968	124,20	51,00	97,00	26,40	29,20	0,00	0,00	9,00	5,50	56,20	53,80	48,10	124,20
1969	41,00	37,00	45,20	57,00	14,40	1,60	0,00	0,00	2,50	36,80	66,80	66,60	66,80
1970	57,80	74,50	68,40	22,50	14,90	11,20	6,20	1,80	14,60	64,90	64,50	21,80	74,50
1971	97,80	41,60	44,40	46,60	25,80	0,00	8,80	0,00	46,90	91,40	60,40	68,00	97,80
1972	66,60	60,80	60,80	62,70	19,90	11,30	0,00	33,10	16,60	32,20	43,20	134,00	134,00
1973	24,50	32,90	63,20	41,80	22,70	1,20	0,00	0,00	3,10	56,50	67,40	64,60	67,40
1974	34,60	40,70	24,70	67,00	6,70	1,30	12,00	23,80	0,50	39,80	19,40	34,80	67,00
1975	34,50	50,90	50,00	29,80	70,00	16,00	1,20	0,00	26,70	34,90	30,10	45,20	70,00
1976	37,80	39,50	40,00	43,00	68,70	15,20	0,00	3,40	32,80	40,90	56,10	64,80	68,70
1977	56,60	102,40	42,80	87,20	23,80	0,20	13,80	14,50	46,00	62,40	26,20	25,70	102,40
1978	55,60	76,80	73,10	15,00	79,10	0,00	31,50	0,00	19,00	14,60	23,40	20,60	79,10
1979	86,40	57,60	29,90	10,30	1,80	35,50	0,00	17,40	77,50	36,00	39,40	30,00	86,40
1981	58,20	32,90	70,00	59,60	53,20	0,00	2,20	0,00	10,20	70,00	58,20	48,60	70,00
1982	53,00	80,20	77,90	72,40	11,00	3,40	23,20	12,80	16,00	45,40	28,30	94,00	94,00
1983	38,30	33,60	66,50	81,60	12,80	0,00	0,00	0,00	13,00	45,20	69,50	52,10	81,60
1984	58,30	45,20	76,10	29,40	1,00	0,00	3,10	18,70	25,00	29,50	26,80	47,80	76,10
1985	38,70	59,00	23,60	22,00	8,00	0,00	7,80	0,00	32,30	57,60	44,60	56,20	59,00
1986	60,80	18,70	41,40	46,80	10,40	0,10	0,00	24,40	15,20	19,40	41,40	69,60	69,60
1987	39,20	48,40	51,70	51,20	8,80	47,10	0,00	1,00	25,20	50,80	43,60	61,20	61,20
1988	32,60	58,20	56,00	9,70	3,20	10,40	26,90	0,00	17,70	53,80	27,40	31,20	58,20
1989	32,70	25,70	58,90	44,60	31,50	0,40	3,10	27,40	26,50	32,40	32,20	60,70	60,70
1990	50,10	51,70	38,40	43,00	2,90	0,00	0,00	14,20	12,60	31,50	93,20	46,80	93,20
1992	38,70	62,90	39,90	8,40	12,70	24,80	0,00	0,30	36,50	67,30	32,00	82,20	82,20
1993	48,40	47,80	87,30	26,40	15,00	9,90	8,60	37,40	16,10	35,20	55,90	58,00	87,30
1994	76,60	33,10	99,10	45,80	35,90	3,60	0,00	0,00	5,10	38,30	84,60	47,20	99,10

1995	38,90	23,90	58,00	71,50	20,80	0,50	0,10	0,00	9,40	23,00	28,30	47,20	71,50
1996	52,80	76,00	99,90	25,80	22,20	33,20	0,00	40,00	26,00	127,80	50,00	37,20	127,80
1997	72,10	56,60	43,50	33,20	15,00	0,40	0,00	6,60	11,40	15,00	44,00	52,70	72,10
1999	67,20	81,80	46,60	12,70	9,40	0,00	0,60	0,00	43,00	92,70	74,30	53,00	92,70
2000	47,00	54,20	50,10	55,70	38,00	1,40	0,00	21,30	34,50	38,00	61,60	73,30	73,30
2001	33,40	67,40	50,00	19,10	6,60	0,00	0,20	44,40	68,20	59,20	64,20	49,80	68,20
2002	75,90	95,20	26,50	59,40	0,20	0,00	0,00	5,60	39,20	11,80	53,00	49,30	95,20
2003	42,60	69,90	53,10	36,80	9,50	1,00	5,10	7,10	13,80	32,50	74,40	48,80	74,40
2004	46,80	35,40	79,10	33,80	27,70	2,60	0,00	0,00	6,20	33,90	25,40	52,10	79,10
2005	37,30	52,20	60,90	55,10	17,60	0,00	0,00	3,20	31,60	17,60	40,00	136,60	136,60
2006	49,00	36,90	27,80	20,10	8,70	5,10	5,90	8,40	75,30	42,40	60,30	47,20	75,30
2007	63,60	60,70	89,00	37,70	23,80	0,00	0,00	0,00	1,30	29,60	51,30	21,00	89,00
2008	37,30	23,70	28,80	81,20	35,40	25,50	2,00	0,00	16,20	37,80	50,80	48,50	81,20
2009	20,80	67,20	32,40	94,20	0,00	14,30	0,00	12,90	25,00	41,80	48,10	107,60	107,60
2010	45,00	69,00	54,80	15,20	0,00	15,10	0,00	0,00	16,70	44,90	40,20	74,60	74,60
2011	71,70	83,60	56,40	61,00	23,00	8,20	2,30	0,00	1,20	82,30	43,00	44,20	83,60
2012	87,50	29,00	65,90	19,70	28,20	5,60	0,00	0,00	33,20	21,50	44,90	44,00	87,50
2013	32,20	47,80	53,40	116,80	11,50	0,00	9,40	0,70	17,30	42,30	61,90	92,70	116,80
2014	30,80	32,30	49,30	35,70	35,00	0,00	2,50	0,00	16,00	20,50	21,60	75,50	75,50
2015	99,10	39,40	32,10	1,00	18,60	0,00	0,00	3,60	16,30	8,70	70,20	40,40	99,10
2017	78,10	73,60	46,50	80,20	13,10	0,00	0,00	0,00	8,80	35,40	41,80	37,60	80,20
MÉDIA	53,18	53,19	51,60	43,20	19,53	6,69	3,95	6,85	22,22	44,38	48,63	57,90	84,25

A partir desses dados, foi empregado o Método das Probabilidades Extremas de Gumbel para o cálculo da precipitação média ($P_{méd}$) e do desvio padrão (d) dentre o número (n) de eventos analisados.

Com os valores da precipitação média e do desvio padrão calculado no estudo estatístico a seguir, juntamente com os valores apresentados na tabela de coeficiente de Weise e Reid (k), foi utilizada a fórmula de Ven Te Chow para determinar a precipitação da chuva de 1 dia no tempo de recorrência previsto. Esta chuva de 1 dia foi convertida em chuva de 24 horas, multiplicando os valores de precipitação por 1,13 que é a relação 24 horas / 1 dia.

Determinou-se no mapa de Isozonas a Isozona E, que corresponde à região de projeto. Após a determinação da Isozona, foram fixadas para esta as porcentagens correspondentes a 6 minutos e 1 hora. Desta forma, obteve-se valores de precipitação, em mm, para chuvas com 24 horas, 1 hora e 6 minutos de duração nos tempos de recorrência considerados.

Tabela 5 - Estudo Estatístico – Goiânia nº 1649013

ESTUDO ESTATÍSTICO DA PLUVIOMETRIA - MÉTODO DE GUMBEL											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ANO	Pi (mm)	Nº ordem (M)	Pi (Decresc.) (mm)	P-Pméd (mm)	(P-Pméd)² (mm)	Frequência	Período	Variável reduzida (y)	y-y n	(y-y n)²	k
1950	66,00	1	153,60	69,35	4808,96	98,36	61,00	4,103	3,551	12,606	3,023
1951	104,00	2	136,60	52,35	2740,17	96,72	30,50	3,401	2,849	8,117	2,425
1954	153,60	3	134,00	49,75	2474,73	95,08	20,33	2,987	2,435	5,930	2,073
1955	89,00	4	127,80	43,55	1896,31	93,44	15,25	2,691	2,139	4,574	1,821
1956	71,30	5	124,20	39,95	1595,74	91,80	12,20	2,459	1,907	3,636	1,623
1957	72,90	6	116,80	32,55	1059,29	90,16	10,17	2,268	1,716	2,944	1,461
1958	75,00	7	107,60	23,35	545,07	88,52	8,71	2,105	1,553	2,410	1,322
1960	61,60	8	107,40	23,15	535,77	86,89	7,63	1,962	1,410	1,988	1,200
1962	60,50	9	104,00	19,75	389,93	85,25	6,78	1,835	1,283	1,646	1,092
1963	66,50	10	102,40	18,15	329,30	83,61	6,10	1,720	1,168	1,364	0,994
1964	72,00	11	99,10	14,85	220,42	81,97	5,55	1,615	1,063	1,130	0,905
1965	107,40	12	99,10	14,85	220,42	80,33	5,08	1,518	0,966	0,934	0,823
1966	89,80	13	97,80	13,55	183,51	78,69	4,69	1,428	0,876	0,768	0,746
1967	73,80	14	95,20	10,95	119,83	77,05	4,36	1,344	0,792	0,628	0,674
1968	124,20	15	94,00	9,75	95,00	75,41	4,07	1,265	0,713	0,508	0,607
1969	66,80	16	93,20	8,95	80,04	73,77	3,81	1,190	0,638	0,407	0,543
1970	74,50	17	92,70	8,45	71,35	72,13	3,59	1,119	0,567	0,321	0,482
1971	97,80	18	89,80	5,55	30,77	70,49	3,39	1,051	0,499	0,249	0,425
1972	134,00	19	89,00	4,75	22,53	68,85	3,21	0,986	0,434	0,188	0,369
1973	67,40	20	89,00	4,75	22,53	67,21	3,05	0,923	0,371	0,138	0,316
1974	67,00	21	87,50	3,25	10,54	65,57	2,90	0,863	0,311	0,097	0,264
1975	70,00	22	87,30	3,05	9,28	63,93	2,77	0,804	0,252	0,064	0,215
1976	68,70	23	86,40	2,15	4,61	62,30	2,65	0,748	0,196	0,038	0,167
1977	102,40	24	83,60	-0,65	0,43	60,66	2,54	0,693	0,141	0,020	0,120
1978	79,10	25	82,20	-2,05	4,22	59,02	2,44	0,640	0,088	0,008	0,075
1979	86,40	26	81,60	-2,65	7,04	57,38	2,35	0,588	0,036	0,001	0,030
1981	70,00	27	81,20	-3,05	9,32	55,74	2,26	0,537	-0,015	0,000	-0,013
1982	94,00	28	80,20	-4,05	16,43	54,10	2,18	0,487	-0,065	0,004	-0,055
1983	81,60	29	79,10	-5,15	26,56	52,46	2,10	0,438	-0,114	0,013	-0,097
1984	76,10	30	79,10	-5,15	26,56	50,82	2,03	0,390	-0,162	0,026	-0,138
1985	59,00	31	76,10	-8,15	66,48	49,18	1,97	0,343	-0,209	0,044	-0,178
1986	69,60	32	75,50	-8,75	76,62	47,54	1,91	0,296	-0,256	0,065	-0,218
1987	61,20	33	75,30	-8,95	80,16	45,90	1,85	0,250	-0,302	0,091	-0,257
1988	58,20	34	75,00	-9,25	85,62	44,26	1,79	0,205	-0,348	0,121	-0,296
1989	60,70	35	74,60	-9,65	93,19	42,62	1,74	0,159	-0,393	0,154	-0,334
1990	93,20	36	74,50	-9,75	95,13	40,98	1,69	0,114	-0,438	0,192	-0,373
1992	82,20	37	74,40	-9,85	97,09	39,34	1,65	0,070	-0,483	0,233	-0,411
1993	87,30	38	73,80	-10,45	109,27	37,70	1,61	0,025	-0,527	0,278	-0,449
1994	99,10	39	73,30	-10,95	119,98	36,07	1,56	-0,020	-0,572	0,327	-0,487
1995	71,50	40	72,90	-11,35	128,90	34,43	1,53	-0,064	-0,616	0,380	-0,525
1996	127,80	41	72,10	-12,15	147,70	32,79	1,49	-0,109	-0,661	0,437	-0,563
1997	72,10	42	72,00	-12,25	150,14	31,15	1,45	-0,154	-0,706	0,498	-0,601
1999	92,70	43	71,50	-12,75	162,65	29,51	1,42	-0,199	-0,751	0,565	-0,640
2000	73,30	44	71,30	-12,95	167,79	27,87	1,39	-0,245	-0,797	0,635	-0,679
2001	68,20	45	70,00	-14,25	203,16	26,23	1,36	-0,291	-0,843	0,711	-0,718
2002	95,20	46	70,00	-14,25	203,16	24,59	1,33	-0,338	-0,891	0,793	-0,758
2003	74,40	47	69,60	-14,65	214,72	22,95	1,30	-0,386	-0,939	0,881	-0,799
2004	79,10	48	68,70	-15,55	241,91	21,31	1,27	-0,436	-0,988	0,976	-0,841
2005	136,60	49	68,20	-16,05	257,71	19,67	1,24	-0,486	-1,038	1,078	-0,884
2006	75,30	50	67,40	-16,85	284,03	18,03	1,22	-0,538	-1,090	1,189	-0,928
2007	89,00	51	67,00	-17,25	297,68	16,39	1,20	-0,592	-1,144	1,310	-0,974
2008	81,20	52	66,80	-17,45	304,62	14,75	1,17	-0,649	-1,201	1,443	-1,023
2009	107,60	53	66,50	-17,75	315,18	13,11	1,15	-0,709	-1,261	1,590	-1,073
2010	74,60	54	66,00	-18,25	333,18	11,48	1,13	-0,772	-1,324	1,754	-1,128
2011	83,60	55	61,60	-22,65	513,17	9,84	1,11	-0,841	-1,393	1,941	-1,186
2012	87,50	56	61,20	-23,05	531,46	8,20	1,09	-0,917	-1,469	2,158	-1,251
2013	116,80	57	60,70	-23,55	554,76	6,56	1,07	-1,002	-1,554	2,416	-1,323
2014	75,50	58	60,50	-23,75	564,22	4,92	1,05	-1,103	-1,655	2,738	-1,409
2015	99,10	59	59,00	-25,25	637,73	3,28	1,03	-1,229	-1,781	3,172	-1,516
2017	80,20	60	58,20	-26,05	678,78	1,64	1,02	-1,414	-1,966	3,864	-1,673
soma	-	-	5055,20	-	25.272,83	-	-	33,13	0,00	82,79	-

$$P_{\text{méd}} = \frac{\sum (\text{col 4})}{n} = 84,25$$

$$d = \frac{\sqrt{\sum (\text{col 6})}}{\sqrt{(n-1)}} = 20,70$$

$$n = 60 \quad \text{eventos}$$

Tabela 6 - Valores de K (Weise e Reid)

Valores de K (Weise e Reid)							
NÚMERO DE EVENTOS	TEMPO DE RECORRÊNCIA						
	5 anos	10 anos	15 anos	20 anos	25 anos	50 anos	100 anos
50	0,82	1,466	1,827	2,086	2,283	2,889	3,49
51	0,818	1,464	1,924	2,083	2,28	2,885	3,486
52	0,817	1,462	1,821	2,08	2,276	2,881	3,481
53	0,815	1,459	1,818	2,077	2,273	2,875	3,474
54	0,814	1,457	1,816	2,074	2,27	2,873	3,471
55	0,813	1,455	1,813	2,071	2,267	2,869	3,467
56	0,812	1,453	1,811	2,069	2,264	2,865	3,462
57	0,81	1,451	1,809	2,066	2,261	2,862	3,458
58	0,809	1,449	1,806	2,064	2,258	2,858	3,454
59	0,808	1,448	1,804	2,061	2,256	2,855	3,45
60	0,807	1,446	1,802	2,059	2,253	2,852	3,446

Tabela 7 – Valores de Ven Te Chow – Goiânia nº 1649013

Fórmula de Ven Te Chow - PR = P _{méd} + d*K							
TEMPO DE RECORRÊNCIA	5 anos	10 anos	15 anos	20 anos	25 anos	50 anos	100 anos
PRECIPITAÇÃO - PR (mm)	100,96	114,18	121,55	126,87	130,88	143,28	155,57

Tabela 8 - Valores de Precipitação – Goiânia nº 1649013

Valores de Precipitação (mm)							
Duração da chuva	TEMPO DE RECORRÊNCIA						
	5 anos	10 anos	15 anos	20 anos	25 anos	50 anos	100 anos
24 h	114,08	129,02	137,35	143,36	147,90	161,91	175,80
1 h	50,20	56,25	59,47	61,93	63,60	68,97	74,19
6 min	14,37	16,26	17,31	18,06	18,64	20,40	19,69

As alturas de precipitação para duração de 24 horas, 1 hora e 6 minutos, para cada tempo de recorrência considerado, foram marcadas no papel de probabilidades (Hersnfield e Wilson) e, ligando-se os pontos marcados, obtém-se a altura de chuva para qualquer tempo de duração entre 6 minutos e 24 horas, conforme pode ser observado na figura a seguir.

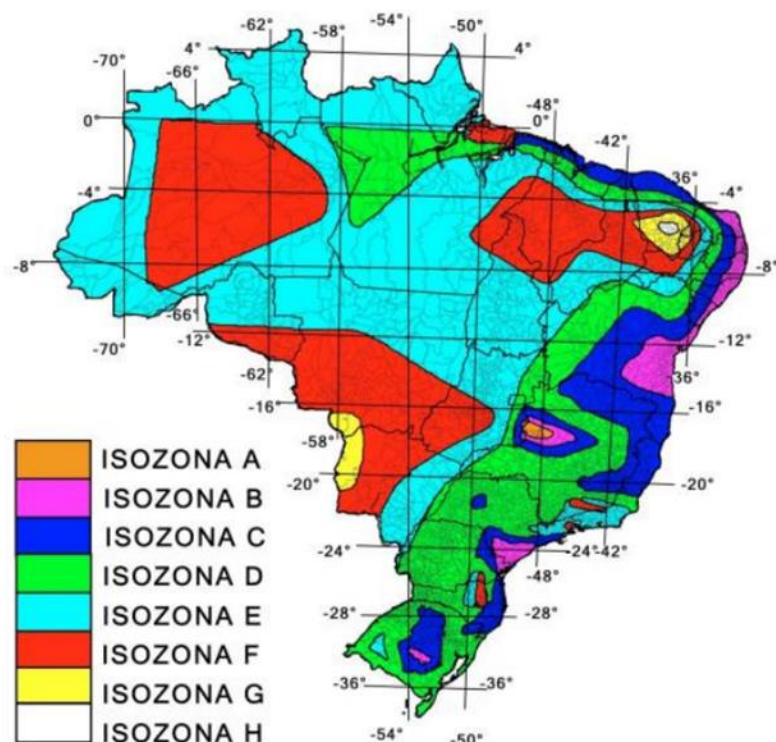


Figura 28 - Mapa de Isozonas

Tabela 9 – Precipitação por zonas

Zona		Tempo de Recorrência (anos)								
		1 Hora / 24 Horas							6 mm / 24 H	
		5	10	15	20	25	50	100	5 - 50	100
A		36,2	35,8	35,6	35,5	35,4	35,0	34,7	7,0	6,3
B		38,1	37,8	37,5	37,4	37,3	36,9	36,6	8,4	7,5
C		40,1	39,7	39,5	39,3	39,2	38,8	38,4	9,8	8,8
D		42,0	41,6	41,4	41,2	41,1	40,7	40,3	11,2	10,0
E		44,0	43,6	43,3	43,2	43,0	42,6	42,2	12,6	11,2
F		46,0	45,5	45,3	45,1	44,9	44,5	44,1	13,9	12,4
G		47,9	47,4	47,2	47,0	46,8	46,4	45,9	15,4	13,7
H		49,9	49,4	49,1	48,9	48,6	48,3	47,8	16,7	14,9

A seguir são apresentados os gráficos de precipitação x duração x frequência e de intensidade x duração x frequência para os postos pluviométricos da região em estudo, segundo o método das Isozonas.

Tabela 10 - Quadro (Altura x Duração x Intensidade x Tempo de recorrência)

Quadro - Altura x Duração x Intensidade x Tempo de recorrência														
Duração da chuva (minutos)	TEMPO DE RECORRÊNCIA													
	5 anos		10 anos		15 anos		20 anos		25 anos		50 anos		100 anos	
	P (m/m)	I (mm/h)	P (m/m)	I (mm/h)	P (m/m)	I (mm/h)	P (m/m)	I (mm/h)	P (m/m)	I (mm/h)	P (m/m)	I (mm/h)	P (m/m)	I (mm/h)
5	13,71	164,53	15,52	186,20	16,53	198,30	17,25	207,01	17,80	213,63	19,50	234,01	18,68	224,16
10	17,03	102,16	19,22	115,32	20,43	122,58	21,31	127,88	21,97	131,79	24,00	143,99	23,73	142,36
15	20,34	81,38	22,92	91,69	24,33	97,34	25,37	101,50	26,13	104,51	28,50	113,98	28,77	115,09
20	23,66	70,98	26,63	79,88	28,24	84,71	29,44	88,31	30,29	90,87	32,99	98,98	33,82	101,46
25	26,98	64,75	30,33	72,79	32,14	77,14	33,50	80,40	34,45	82,69	37,49	89,98	38,86	93,27
30	30,29	60,59	34,03	68,07	36,05	72,09	37,56	75,12	38,62	77,24	41,99	83,98	43,91	87,82
35	33,61	57,62	37,74	64,69	39,95	68,49	41,62	71,35	42,78	73,34	46,49	79,69	48,96	83,93
40	36,93	55,39	41,44	62,16	43,86	65,78	45,68	68,53	46,94	70,42	50,98	76,47	54,00	81,00
45	40,24	53,66	45,14	60,19	47,76	63,68	49,75	66,33	51,11	68,14	55,48	73,97	59,05	78,73
50	43,56	52,27	48,85	58,62	51,66	62,00	53,81	64,57	55,27	66,32	59,98	71,97	64,09	76,91
55	46,88	51,14	52,55	57,33	55,57	60,62	57,87	63,13	59,43	64,84	64,47	70,34	69,14	75,43
60	50,20	50,20	56,25	56,25	59,47	59,47	61,93	61,93	63,60	63,60	68,97	68,97	74,19	74,19
65	50,43	46,55	56,52	52,17	59,75	55,16	62,23	57,44	63,90	58,99	69,31	63,98	74,56	68,82
70	50,66	43,42	56,78	48,67	60,04	51,46	62,52	53,59	64,21	55,03	69,65	59,70	74,92	64,22
75	50,89	40,71	57,05	45,64	60,32	48,26	62,82	50,25	64,51	51,61	69,98	55,99	75,29	60,23
80	51,12	38,34	57,31	42,98	60,60	45,45	63,11	47,33	64,82	48,61	70,32	52,74	75,66	56,74
85	51,35	36,25	57,57	40,64	60,88	42,98	63,41	44,76	65,12	45,97	70,66	49,87	76,03	53,67
90	51,58	34,39	57,84	38,56	61,17	40,78	63,70	42,47	65,43	43,62	70,99	47,33	76,40	50,93
95	51,82	32,73	58,10	36,69	61,45	38,81	64,00	40,42	65,73	41,52	71,33	45,05	76,76	48,48
100	52,05	31,23	58,36	35,02	61,73	37,04	64,29	38,58	66,04	39,62	71,67	43,00	77,13	46,28
105	52,28	29,87	58,63	33,50	62,01	35,44	64,59	36,91	66,35	37,91	72,00	41,14	77,50	44,29
110	52,51	28,64	58,89	32,12	62,29	33,98	64,88	35,39	66,65	36,35	72,34	39,46	77,87	42,47
115	52,74	27,52	59,15	30,86	62,58	32,65	65,18	34,01	66,96	34,93	72,68	37,92	78,24	40,82
120	52,97	26,49	59,42	29,71	62,86	31,43	65,47	32,74	67,26	33,63	73,01	36,51	78,60	39,30

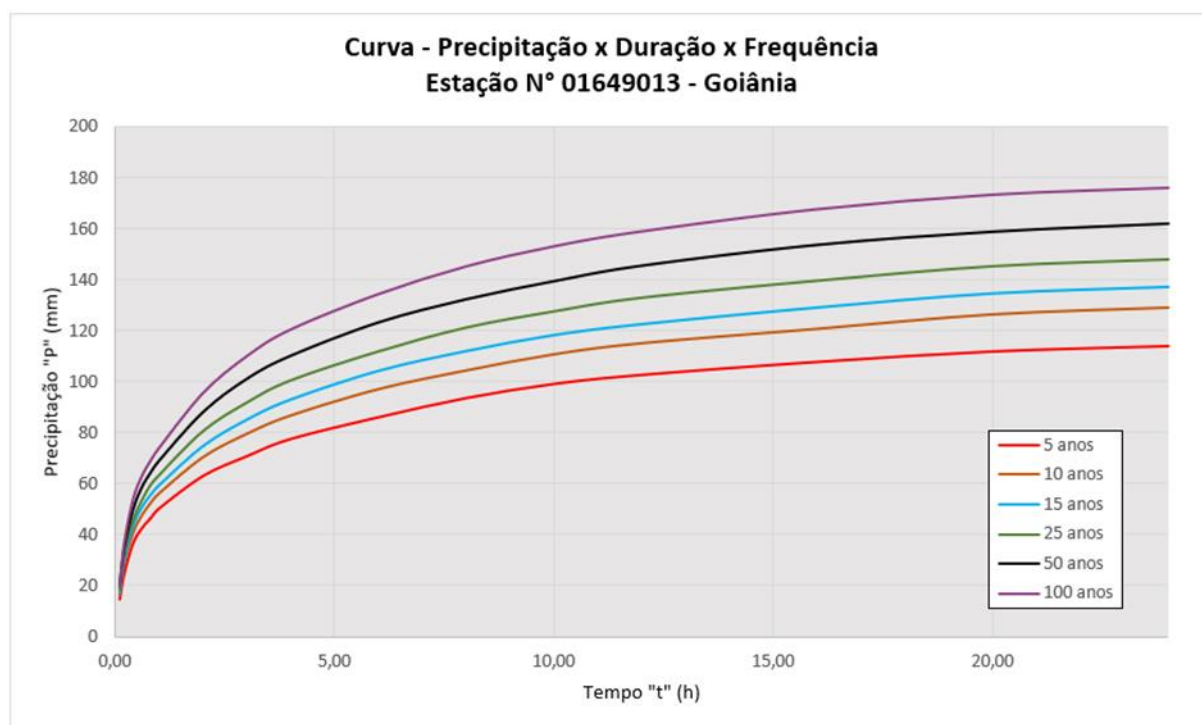


Figura 29 - Precipitação x Duração x Frequência

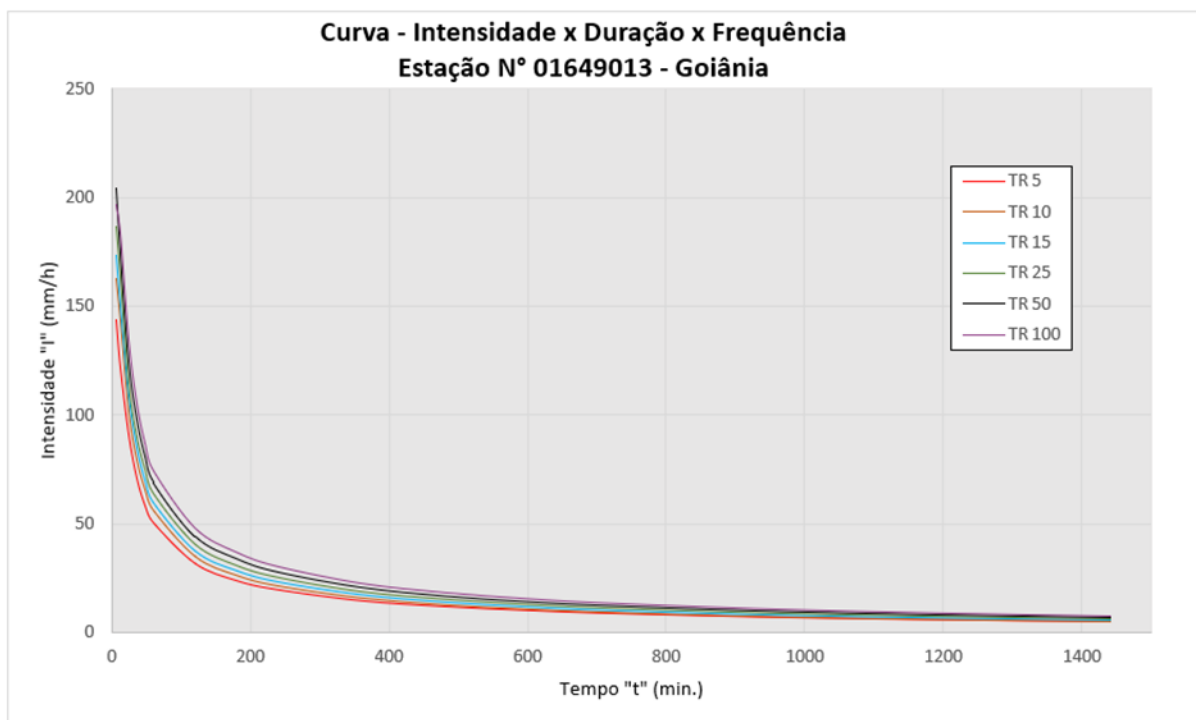


Figura 30 - Intensidade x Duração x Frequência

Vale salientar que a pluviometria do posto foi apresentada somente para verificação da viabilidade da utilização da equação de chuva e no final deste capítulo são apresentados os gráficos comparativos que atestam a confiabilidade da equação.

5.2.3 Equação de Chuva

Em localidades onde não se têm pluviógrafos ou dados pluviográficos, é comum determinar-se as precipitações intensas de forma aproximada, através de análise de frequência das precipitações máximas diárias, cujos dados provêm de pluviômetros, que são mais comuns e fáceis de se obter. Feita esta análise de frequência e obtida a equação de chuvas relativas as precipitações máximas diárias, podem-se determinar as precipitações máximas de 24 horas e outras durações, para os tempos de recorrência considerados.

Para determinação da precipitação utilizou-se o método da equação da curva IDF (Intensidade-Duração-Frequência) específica da região do município de Aparecida de Goiânia. Essa equação foi obtida por revisão bibliográfica de estudos realizados pelo Professor Dr. Alfredo Ribeiro da Costa (Universidade Federal de Goiás), onde ele definiu equações de curvas IDF para 126 municípios de Goiás após análises de precipitações máximas locais, com parâmetros característicos de cada município.

A equação de chuva adotada foi escolhida por sua confiabilidade e pelas considerações específicas dos municípios. Esta considera parâmetros locais, como declividade e tipo de solo, que favorece a credibilidade do método para o dimensionamento.

Desta forma será apresentado o estudo do autor supracitado sobre *'Equação de chuva para um local isolado'* por Alfredo Ribeiro da Costa (Professor Doutor em Engenharia Hidráulica).

As equações de chuva são de grande importância para os projetos de drenagem em geral, como a drenagem urbana, drenagem de estradas, canalização de córregos, terraceamento de áreas agrícolas, dimensionamento de vertedores de barragens, estudos de erosão, dentre outros. Visa-se, aqui, detalhar a montagem de uma equação de chuva para o local das estações pluviográficas, situadas em Goiás. A relação intensidade-duração-período de retorno $i \cdot t \cdot T$ cobre durações t de 5min até 24. Os ajustamentos: retilíneo e curvilíneo apresentaram excelentes coeficientes de correlação, superior a 99%, na determinação da equação de chuva contendo quatro parâmetros.

A) Seleção dos Maiores Eventos

Cada pluviograma do histórico de registros da estação pluviográfica foi examinado, procedendo-se a seleção dos maiores eventos e descartando a grande maioria onde o dia não havia sido chuvoso ou com chuva nitidamente de baixa intensidade. Havendo dúvida, foi adotada a orientação geral de selecionar o evento deixando para os cálculos o seu aproveitamento ou não. Definiram-se já aí os tempos de início e de fim de cada chuva intensa a ser analisada. A seleção dos maiores eventos é um procedimento habitual, mencionando-se o excelente trabalho do Engenheiro Otto Pfafstetter para todo o território brasileiro.

Nos pluviogramas analisados, as linhas de tempo eram espaçadas de 10 em 10 minutos, o que permitiu leituras em intervalos de até 5 minutos. Observa-se que para grandes intensidades de chuva os registros ascendentes e descendentes ficam muito próximos, de maneira que se trabalhou no limite da sensibilidade e muita atenção foi exigida do analista. Após as leituras, utilizou-se um programa computacional que determinava as intensidades em mm/min e que selecionava as 30 (trinta) maiores intensidades associadas a cada duração t. As durações t foram utilizadas desde 5 min até 1440 min, ou seja, com abrangência de 24 horas e compondo um conjunto de 108 durações. Essa faixa de durações atinge a maioria dos projetos de drenagem que dependem das intensidades ou alturas de chuva. O princípio das durações prolongadas foi incorporado ao programa computacional. Através dele uma chuva intensa para uma certa duração, por exemplo, uma intensidade medida de 1,2 mm/min de uma chuva com duração de 20 min corresponde a uma altura acumulada de 24,0 mm ao longo dos 20 min. Caso esse mesmo total precipitado de 24,0 mm tivesse ocorrido em uma chuva um pouco mais prolongada de 30 min, conduziria a uma intensidade ainda considerável de 0,8 mm/min. Essa noção de prolongar a duração da chuva foi introduzida por Sherman quando estudava as chuvas intensas de Boston.

B) Forma de relacionamento

Montou-se, então, um arquivo com as leituras efetuadas nos pluviogramas e, através de programas computacionais, obtiveram-se diversas listagens: a primeira continha as leituras dos pluviogramas, permitindo a conferência dos dados arquivados; uma segunda listagem fornecia, pela data de início da chuva selecionada, as alturas acumuladas no decorrer da chuva e, ainda, a maior altura e a maior intensidade para cada duração, sempre a intervalos de 5 em 5 min, até o final da chuva considerada; a terceira listagem reunia, para cada uma das 108 durações t (t = 5,10,15,...,235,240,260,1280 1420, 1440 min) as 30 maiores intensidades considerando o conjunto de todas as chuvas selecionadas. As durações abrangiam intervalos de 5 em 5 min até 240min (4h) e de 20 em 20 min de 240 até 1440 min, o que perfaz 108 durações. Buscou-se um relacionamento do tipo:

Equação 1

$$i = B \times T^d / (t + c)^b$$

Onde i é a intensidade de chuva (mm/min), t é a duração (min), T é o período de retomo (ano), sendo b, c, d, B os parâmetros a determinar.

C) Determinação dos parâmetros b, c, B, d

Para determinar os quatro parâmetros da equação de chuva (B, d, b, c) foi utilizada metodologia a qual iniciou-se pelas determinações de b e c a partir da relação "i versus t" de quinta grandeza, isto é, a relação $i * t$ associada ao período de retomo $T = N/5$, o que conduz a $T = 13,94/5 = 2,788$ anos. Com isso, deixaram-se de empregar as relações $i * t$ de primeira ($T = N/1$), de segunda ($T = N/2$), terceira ($T = N/3$) e quarta grandeza ($T = N/4$), evitando incluir chuvas com períodos de retomo T bem superiores a 13,94 anos que eventualmente pudessem participar do conjunto de pluviogramas selecionados, de tal modo que as estimativas de b e c refletissem melhor toda a família i versus t.

Aplicando transformada logarítmica à Equação A, chega-se à Equação B e posteriormente entrando com pares de valores $i * t$ obtém-se um ajustamento curvilíneo. O parâmetro "c", em escala di-logarítmica, descreve exatamente o valor que se deve somar à duração t para mudar a forma do ajustamento curvilíneo em reta, por isso denominado de parâmetro de anamorfose.

Equação 2

$$\log i = \log A - b \times \log (t + c)$$

Onde

$$A = B \times T^d$$

Através do método dos mínimos quadrados pode-se determinar o parâmetro "b" que interessa e o valor de A, embora este não seja utilizado. O parâmetro "b" se refere à declividade da reta que se obtém após a anamorfose.

D) O Método da estação-ano

O Método da estação-ano, aplicado na década por, é uma técnica para ampliar a validade dos períodos de retorno T de um grupo de estações, situadas em uma região meteorologicamente homogênea. Parte-se da premissa de que o período de retorno da chamada estação-ano seja a soma dos períodos de retorno T de cada estação tomada isoladamente. Este método é mais indicado para regiões planas e onduladas, como é o caso do cerrado goiano e sul do Estado do Tocantins. Este método é particularmente interessante pela oportunidade de se trabalhar com dados da própria região, o que em Hidrologia deve ser buscado.

Comparado ao trabalho de Pfafstetter, limitou-se aqui em muito a extensão territorial em que se encontrava a rede de pluviógrafos, podendo-se assegurar um nível mais elevado de homogeneidade meteorológica. Se antes o espaço para coleta de dados pluviográficos envolveu todo o Brasil, aqui restringiu-se praticamente aos limites do Estado de Goiás e sul do Tocantins. Hoje, em relação à primeira metade do século XX, dispõe-se de uma densidade bem superior de equipamentos registradores de chuva, viabilizando este estudo, de tal maneira que dos 12 a 22 anos de registros isolados pôde-se atingir 253,399 anos com a aplicação do método da estação-ano.

E) Base de dados

A base de dados utilizada está calçada em registros pluviográficos interpretados a partir de 17 estações, sendo catorze selecionadas em função do histórico e da localização espacial. Os registros dessas 14 estações cobrem o período desde meados da década de 1970 até à primeira metade da década de 1990 e seguiram os mesmos métodos descritos no item anterior. Os registros das outras três estações foram obtidos até à década de 1950 e extraídos do trabalho de Pfafstetter. Chegou-se a um total N = 253,399 anos de registros de chuva interpretados.

F) Forma do equacionamento

A Equação abaixo apresenta a forma geral do relacionamento, contendo sete parâmetros e envolvendo a intensidade i, a duração t e o período de retorno T:

Equação 3

$$i = B \times (T^{\alpha + \beta/T})^{\gamma} / (t + c)^b$$

Onde,

- $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ são parâmetros regionais constantes que dependem apenas do período de retorno;
- B, b, c são parâmetros que descrevem características locais;
- i é a intensidade máxima de chuva (mm/min);
- t é a duração (min);
- T é o período de retorno (ano).

Os parâmetros b e c são exatamente os mesmos já abordados e expressam a relação existente entre a intensidade i e a duração t, para um local específico. O parâmetro B possui também uma componente local. Já os demais parâmetros $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ são absolutamente constantes para a região onde se encontram as estações pluviográficas e descrevem a forma da curva que relaciona a intensidade i com o período de retorno T.

G) Intensidade relativa

Para a aplicação do método da estação-ano há a necessidade de homogeneizar os dados de chuva de todos os postos, retirando de cada intensidade as características meteorológicas locais. Aplica-se o conceito de

PRECIPITAÇÃO RELATIVA que é o quociente entre uma precipitação qualquer e a de período de retomo $T=1$ ano, de mesma duração e da mesma estação. Os quocientes, representam transformadas das intensidades observadas. Essas intensidades relativas podem, então, compor uma única série, livre dos fatores locais.

H) Matriz-base

Uma vez determinadas as intensidades relativas para cada estação, reúnem-se todos esses dados em uma única matriz. Este é exatamente o significado da estação-ano, a qual abriga dados de intensidades de chuva de um conjunto de estações, situadas em uma região meteorologicamente homogênea. Ao reunir as intensidades de 17 estações é natural que fossem esperados aleatoriamente eventos de todas as magnitudes, desde pequenas intensidades de chuva até valores de grandes intensidades. O método da estação-ano permite a reunião de dados como se fosse uma estação com um longo histórico de registros pluviográficos.

Para as determinações dos parâmetros, partiu-se da matriz-base e construiu-se para cada local a matriz específica, multiplicando cada termo da matriz-base pela intensidade correspondente ao período de retomo $T = 1$ ano. Ou seja, fez-se o processo inverso da determinação das intensidades relativas, onde a intensidade correspondente a $T = 1$ ano é o fator multiplicador para cada duração.

Com a utilização de coeficientes há um excelente ajustamento entre os parâmetros. Verifica-se que foram obtidas duas equações, uma para $1 \text{ ano} < T < 8 \text{ anos}$, correspondente ao ramo curvilíneo onde o período de retorno T possui baixos valores, e outra para $8 \text{ anos} < T < 100 \text{ anos}$, descrevendo o ramo linear em que T assume valores elevados. A solução não incluiu os valores de A associados aos quatro maiores períodos de retorno. Partiu-se do quinto maior valor. Até consolidar uma decisão, analisaram-se exaustivamente as alternativas de inclusão dos maiores valores de A , os quais sempre conduziam a uma quebra da tendência que se vinha obtendo, sinalizando para a existência de eventos com períodos de retorno até bem superiores a 253,399 anos. Interessante chamar a atenção para o fato que Pfafstetter havia identificado faixas com ajustamentos diferentes para T menor do que 10 anos e para T maior do que 10 anos. Aqui, pode-se precisar esse limite como sendo em torno de 8 anos. Desta maneira, a Equação de intensidade supracitada é desdobrada em duas para atender o ramo curvilíneo onde o período de retorno T se situa na faixa $1 \text{ ano} < T < 8 \text{ anos}$ e para descrever o ramo retilíneo na faixa $8 \text{ anos} < T < 100 \text{ anos}$.

Ao limitar em 100 anos a validade do período de retomo T , adotou-se o critério de praticamente duplicar o período de retorno correspondente à quinta grandeza $N = 253,399 \text{ anos} / 5 = 50,68 \text{ anos}$ utilizado na fixação dos parâmetros b e c . Mais ainda, constatou-se que a relação $A * T$, perdia aderência à medida que se trabalhava com períodos de retorno correspondentes à quarta, terceira, segunda e primeira grandezas, correspondendo, respectivamente, aos períodos de retorno $T = 63,35 \text{ anos}$, $84,47 \text{ anos}$, $126,70 \text{ anos}$ e $253,399 \text{ anos}$.

I) Períodos de retorno e durações empregadas

Acompanhando o mesmo exemplo do item anterior, a tabela abaixo apresenta três períodos de retorno T eleitos como referências em cada intervalo de validade das equações de chuva, considerando as faixas $1 \text{ ano} \leq T < 8 \text{ anos}$ e para $8 \text{ anos} < T < 100 \text{ anos}$. Pode-se verificar que aqueles períodos de retorno se encontram situados nos extremos e no meio do intervalo. A propósito, caso houvesse a convicção de acerto, sem qualquer equívoco no levantamento das intensidades interpoladas, bastava utilizar um único período de retomo T . Assim, a função de outros dois períodos de retorno foi meramente para serem confirmados os valores finais dos parâmetros. E essa confirmação foi fundamental do ponto de vista de consistência dos resultados, embora aumentasse o volume de trabalho.

Tabela 11 - Períodos de retorno T utilizados

PERÍODO DE RETORNO (T)	
$1 \text{ ano} \leq T \leq 8 \text{ anos}$	$8 \text{ anos} \leq T \leq 100 \text{ anos}$
7,91872	50,67980
4,52498	25,33990
1,00158	10,13596

J) Equações de chuva para Goiás

Na Tabela 12 encontram-se os locais, as coordenadas geográficas e os parâmetros b , c , $B1$, $B2$ referentes a 126 pontos de Goiás, sul do Tocantins, além de Alto Garças situada em Mato Grosso.

As Equações abaixo, aqui repetidas, mostram a forma do relacionamento entre a intensidade i , a duração t e o período de retomo T , acompanhados de suas respectivas unidades. Na escolha da equação, deve-se ter claro o período de retorno T que se adotará, em função das características do projeto. Os parâmetros α , β , γ , δ são constantes determinadas para toda a região.

As 126 equações de chuva constantes dos resultados, representam um recurso totalmente apoiado em registros pluviográficos, para estimar intensidades e, por conseguinte, alturas de chuva a partir de dados da duração t da chuva, na faixa de 5min a 1440min, e do período de retorno T , na faixa de 1 ano a 100 anos, visando às aplicações práticas em projetos de drenagem em geral nos locais estudados do cerrado goiano e sul do Estado do Tocantins.

Equação 4

$$i = \frac{B1 * (T^{\alpha + \beta/T^{\gamma}})^{\delta}}{(t + c)^b} \quad \text{válida para } 1 \text{ ano} \leq T \leq 8 \text{ anos}$$

Equação 5

$$i = \frac{B2 * T^{\alpha}}{(t + c)^b} \quad \text{válida para } 8 \text{ anos} < T \leq 100 \text{ anos}$$

Onde,

- α , β , γ , δ são parâmetros regionais constantes e que dependem apenas do período de retorno;
- B , b , c são parâmetros regionais que descrevem características locais;
- i é a intensidade máxima de chuva (mm/min)
- t é a duração (min);
- T é o período de retorno (ano)
- $\alpha = 0,14710$
- $\beta = 0,22$
- $\gamma = 0,09$
- $\delta = 0,62740$

A montagem das equações para um local de interesse é feita de forma direta a partir da tabela abaixo. Sendo possível determinar a equação IDF para todos os municípios listados com a utilização dos parâmetros supracitados.

Tabela 12 – Tabela com locais e parâmetros

Nº	ESTAÇÃO	UF	COORDENADAS		PARÂMETROS LOCAIS			
			LATITUDE	LONGITUDE	b	c	B1	B2
1	ABADIÂNIA	GO	16° 12'	48° 42'	0,89751	18,86100	37,72600	41,58340
2	ACREÚNA	GO	17° 24'	50° 23'	0,88687	19,30800	35,90940	40,65770
3	ÁGUA LIMPA	GO	18° 04'	48° 46'	0,87513	18,30600	33,47380	37,90110
4	ALEXÂNIA	GO	16° 05'	48° 30'	0,88559	17,79900	34,16440	38,68300
5	ALMAS	TO	11° 34'	47° 10'	0,88634	22,62400	38,34110	43,41210
6	ALTO GARÇAS	MT	16° 56'	53° 32'	0,88496	15,90000	33,98600	38,48110
7	ALTO PARAISO DE GOIAS	GO	14° 07'	47° 30'	0,90360	20,61100	39,88150	45,15610
8	ALVORADA	TO	12° 28'	49° 07'	0,89545	21,24800	39,00760	44,16650
9	ALVORADA DO NORTE	GO	14° 24'	46° 36'	0,97194	29,70000	62,50670	70,77400
10	AMERICA DO BRASIL	GO	16° 15'	49° 59'	0,89590	20,25500	37,63810	42,61540
11	ANÁPOLIS	GO	16° 19'	48° 57'	0,92278	20,91000	42,49640	48,11670
12	ANICUNS	GO	16° 27'	49° 57'	0,90333	20,47500	39,00370	44,16650
13	APARECIDA DE GOIÂNIA	GO	16° 50'	49° 15'	0,96253	23,90800	53,11780	60,14330
14	APORÉ	GO	18° 59'	52° 00'	0,89575	18,40000	33,94330	38,43270
15	ARAGARÇAS	GO	15° 53'	52° 15'	0,89089	20,28600	37,71460	42,70010
16	ARAGOIÂNIA	GO	16° 55'	49° 27'	0,94217	22,57500	47,68430	53,99100
17	ARAGUAÇU	TO	12° 55'	49° 49'	0,89960	21,44100	39,73500	44,97870
18	ARRAIAS	TO	12° 55'	46° 56'	0,90130	21,67000	40,09740	45,39720
19	ARUANÃ	GO	14° 49'	51° 10'	0,96745	37,40000	67,74690	76,70730
20	BELA VISTA DE GOIÁS	GO	16° 58'	48° 57'	0,90146	18,86900	37,54180	42,50700
21	BOM JESUS	GO	18° 13'	49° 44'	0,88816	19,65000	36,45020	41,27080
22	BRITÂNIA	GO	15° 14'	51° 10'	0,94535	32,52300	57,34920	64,93370
23	BURITI ALEGRE	GO	18° 09'	49° 03'	0,88927	20,31600	37,37050	42,31300
24	CACHOEIRA DE GOIÁS	GO	16° 40'	50° 39'	0,85274	17,34700	29,81810	33,76120
25	CACHOEIRA DOURADA	GO	18° 29'	49° 28'	0,88317	19,06000	35,16270	39,81280
26	CAIAPÔNIA	GO	16° 57'	51° 50'	0,90521	20,70000	42,38140	47,98690
27	CALDAS NOVAS	GO	17° 44'	48° 37'	0,85440	15,20900	28,67210	32,46440
28	CAMPO ALEGRE DE GOIÁS	GO	17° 40'	47° 37'	0,80396	8,70000	19,94840	22,58680
29	CAMPOS BELOS	GO	13° 02'	46° 46'	0,90470	21,84600	41,13130	46,16580
30	CATALÃO	GO	18° 11'	47° 57'	0,84572	16,30000	25,94350	29,37490
31	CAVALCANTE	GO	13° 48'	47° 27'	0,90516	21,07700	40,48190	45,83600
32	CERES	GO	15° 16'	49° 34'	0,92919	24,60000	46,02040	52,10720
33	CEZARINA	GO	16° 58'	49° 47'	0,91163	20,76500	40,72060	46,10580
34	CHAPADÃO DO CÉU	GO	18° 24'	52° 33'	0,89072	18,52500	35,07380	39,71140
35	COCALZINHO DE GOIÁS	GO	15° 48'	48° 47'	0,89748	19,50900	37,24870	42,17570
36	COLINAS DO SUL	GO	14° 09'	48° 05'	0,90077	19,67200	39,83130	45,09940
37	CONCEIÇÃO DO TOCANTINS	TO	12° 13'	47° 17'	0,88828	22,33000	38,43700	43,52070
38	CORUMBÁ DE GOIÁS	GO	15° 55'	48° 49'	0,90079	19,66600	37,86210	42,86960
39	CRISTALINA	GO	16° 46'	47° 36'	0,84012	12,87200	25,38080	28,73770
40	CRISTIANÓPOLIS	GO	17° 12'	48° 42'	0,84512	13,16300	26,40560	29,89820
41	DAMOLÂNDIA	GO	16° 15'	49° 22'	0,93197	22,00200	45,10720	51,07280
42	DAVINÓPOLIS	GO	18° 09'	47° 34'	0,83622	13,75700	24,60180	27,85560
43	DIORAMA	GO	16° 14'	51° 15'	0,84629	17,12700	28,94860	32,77660
44	DOVERLÂNDIA	GO	16° 43'	52° 19'	0,89456	19,63900	38,64740	43,75310
45	EDÉIA	GO	17° 20'	49° 56'	0,89662	20,05900	37,97660	42,99870
46	ESTRELA DO NORTE	GO	13° 52'	49° 04'	0,90137	20,49800	39,91160	45,19020
47	FÁTIMA	TO	10° 45'	48° 54'	0,89915	21,45500	40,74480	46,19020
48	FLORES DE GOIÁS	GO	14° 27'	47° 03'	0,92747	23,77000	46,23800	52,35350
49	FORMOSA	GO	15° 32'	47° 20'	0,82128	11,40000	21,29830	24,11530
50	GOIANÁPOLIS	GO	16° 31'	49° 01'	0,94454	22,47000	47,93820	54,27960

Nº	ESTAÇÃO	UF	COORDENADAS		PARÂMETROS LOCAIS			
			LATITUDE	LONGITUDE	b	c	B1	B2
51	GOIANÉSIA	GO	15° 19'	49° 07'	0,91257	22,11900	41,64080	47,14580
52	GOIÂNIA	GO	16° 40'	49° 16'	0,97471	24,80000	56,79280	64,30440
53	GOIANIRA	GO	16° 30'	49° 26'	0,95699	23,57900	51,57500	58,39650
54	GOIÁS (CIDADE)	GO	15° 56'	50° 08'	0,89152	20,56900	37,13870	42,05040
55	GOIATUBA	GO	18° 00'	49° 21'	0,89912	21,72800	40,31840	45,65090
56	GURUPI	TO	11° 43'	49° 04'	0,89326	21,59000	39,00930	44,16860
57	HIDROLÂNDIA	GO	16° 58'	49° 14'	0,93956	22,22300	46,86010	53,05790
58	INHUMAS	GO	16° 21'	49° 29'	0,93930	22,47600	46,94010	43,14830
59	IPAMERI	GO	17° 43'	48° 09'	0,82313	11,34500	22,68220	25,68220
60	IPORÁ	GO	16° 26'	51° 07'	0,83526	16,23400	27,07020	30,65010
61	ISRAELÂNDIA	GO	16° 22'	50° 54'	0,82205	15,30000	25,02490	28,33480
62	ITABERAÍ	GO	16° 01'	49° 48'	0,90595	21,22800	39,87600	45,14970
63	ITUMBIARA	GO	18° 25'	49° 13'	0,88034	18,80300	34,53310	39,10040
64	IVOLÂNDIA	GO	16° 36'	50° 48'	0,84187	16,64400	28,06220	31,77320
65	JARAGUÁ	GO	15° 45'	49° 20'	0,91353	22,02000	41,61010	47,11340
66	JATAÍ	GO	17° 52'	51° 42'	0,89094	19,15400	36,50400	41,32890
67	JOVIÂNIA	GO	17° 48'	49° 36'	0,89709	21,07100	39,27660	44,47110
68	JUSSARA	GO	15° 51'	50° 52'	0,86226	18,96600	31,96060	36,18720
69	LEOPOUDO DE BULHÕES	GO	16° 37'	48° 45'	0,90393	18,86000	37,75310	42,74640
70	LUZIÂNIA	GO	16° 15'	47° 57'	0,85926	15,10300	25,65630	32,45990
71	MINAÇU	GO	13° 31'	48° 13'	0,89914	20,30500	39,34320	44,54670
72	MINEIROS	GO	17° 34'	52° 33'	0,89099	18,79900	36,75600	41,58020
73	MIRACEMA DO TOCANTINS	TO	09° 34'	48° 23'	0,91438	21,20000	45,22190	51,20300
74	MONTIVÍDIU	GO	17° 27'	51° 10'	0,88703	19,28200	36,40360	41,21820
75	MONTIVÍDIU DO NORTE	GO	13° 07'	48° 36'	0,89857	20,53200	39,29180	44,48830
76	MORRINHOS	GO	17° 46'	49° 08'	0,91634	24,90000	46,75080	52,93420
77	MOSSÂMEDES	GO	16° 08'	50° 13'	0,88210	19,62100	35,11260	39,75600
78	MOZARLÂNDIA	GO	14° 45'	50° 34'	0,93274	28,99600	51,39050	58,18720
79	MUNDO NOVO	GO	13° 47'	50° 17'	0,90862	23,23100	42,36090	47,96300
80	NATIVIDADE	TO	11° 37'	47° 44'	0,88267	23,30000	38,06090	43,09500
81	NIQUELÂNDIA	GO	14° 28'	48° 27'	0,90488	19,50000	41,60620	47,10910
82	NOVA CRIXÁS	GO	14° 06'	50° 20'	0,91264	24,06400	43,63260	49,40290
83	NOVO BRASIL	GO	16° 02'	50° 43'	0,84468	17,13500	28,60760	32,39100
84	NOVO PLANALTO	GO	13° 15'	49° 30'	0,89995	21,18700	39,68490	44,93340
85	ORIZONA	GO	17° 02'	48° 18'	0,81524	9,75080	21,50380	24,34790
86	OUVIDOR	GO	18° 14'	47° 50'	0,84445	15,92300	25,76980	29,17820
87	PADRE BERNARDO	GO	15° 09'	48° 17'	0,88744	18,38600	35,50630	40,20240
88	PALMAS	TO	10° 10'	48° 19'	0,90921	21,26100	43,64520	49,41780
89	PALMEIRAS DE GOIÁS	GO	16° 48'	49° 55'	0,90533	20,42000	39,37910	44,58690
90	PALMEIRÓPOLIS	TO	12° 59'	48° 24'	0,89603	20,42000	39,37910	44,58690
91	PALMINÓPOLIS	GO	16° 48'	50° 10'	0,88714	19,41500	35,84000	40,57970
92	PARAÍSO DO TOCANTINS	TO	10° 10'	48° 52'	0,90752	21,23500	43,04630	48,75140
93	PARANÃ	TO	12° 36'	47° 52'	0,89178	21,68900	38,63790	43,74800
94	PEIXE	TO	12° 03'	48° 32'	0,88984	21,99000	38,57130	43,67250
95	PETROLINA DE GOIÁS	GO	16° 06'	49° 20'	0,91764	21,36900	41,96540	47,51570
96	PILAR DE GOIÁS	GO	14° 46'	49° 35'	0,91402	22,72500	42,50600	48,12790
97	PINDORAMA	TO	11° 08'	47° 34'	0,88623	22,70700	38,45310	43,53880
98	PIRACANJUBA	GO	17° 18'	49° 01'	0,88895	19,23300	36,46700	41,26680
99	PIRANHAS	GO	16° 26'	51° 49'	0,88952	19,81100	37,83470	43,83330
100	PIRENÓPOLIS	GO	15° 51'	48° 58'	0,90482	20,29000	38,97510	44,12990

N°	ESTAÇÃO	UF	COORDENADAS		PARÂMETROS LOCAIS			
			LATITUDE	LONGITUDE	b	c	B1	B2
101	PIRES DO RIO	GO	17° 20'	48° 15'	0,79943	8,00000	19,32640	21,88260
102	PLANALTINA	GO	15° 27'	47° 36'	0,83414	12,71300	23,50890	26,61820
103	PONTALINA	GO	17° 32'	49° 27'	0,90315	21,86800	41,08440	46,51820
104	PORANGATU	GO	13° 26'	49° 08'	0,89972	20,80300	39,55100	44,78170
105	PORTO NACIONAL	TO	10° 42'	48° 25'	0,89760	21,65500	40,57140	45,93730
106	QUIRINÓPOLIS	GO	18° 26'	50° 27'	0,88535	18,78000	34,39880	39,56440
107	RIO QUENTE	GO	17° 46'	48° 46'	0,87358	17,96900	33,21130	37,60380
108	RIO VERDE	GO	17° 47'	50° 55'	0,88655	19,08100	35,73300	40,45700
109	SANCRERLÂNDIA	GO	16° 12'	50° 19'	0,86946	18,71200	32,74470	37,07510
110	SANTA HELENA DE GOIÁS	GO	17° 48'	50° 35'	0,88671	19,13400	35,67470	40,46730
111	SANTA RITA DO ARAGUAIA	GO	17° 20'	53° 12'	0,88638	16,85800	34,74850	39,34350
112	SANTA TEREZINHA DE GOIÁS	GO	14° 26'	49° 42'	0,90935	22,39100	41,75520	47,27770
113	SÃO DOMINGOS	GO	13° 23'	46° 19'	0,91740	22,95900	43,80380	49,59730
114	SÃO LUIZ DOS MONTES BELOS	GO	16° 31'	50° 22'	0,86556	18,21400	31,95400	36,17970
115	SÃO MIGUEL DO ARAGUAIA	GO	13° 16'	50° 09'	0,90313	22,10900	40,69150	46,07300
116	SÃO MIGUEL DO PASSA QUATRO	GO	17° 04'	48° 40'	0,85401	13,97500	27,84260	31,52510
117	SÃO SIMÃO	GO	18° 59'	50° 32'	0,88455	18,47800	34,32320	38,86240
118	SENADOR CANEDO	GO	16° 42'	49° 06'	0,96005	23,65500	52,30520	59,22320
119	SERRANÓPOLIS	GO	18° 18'	51° 58'	0,89197	18,65600	34,91530	39,53010
120	SILVÂNIA	GO	16° 40'	48° 36'	0,88139	16,70200	32,91420	37,26820
121	TRINDADE	GO	16° 38'	49° 29'	0,95714	23,29100	51,63290	58,46190
122	URUAÇU	GO	14° 31'	49° 08'	0,90429	20,66200	40,46040	45,81170
123	URUANA	GO	15° 30'	49° 41'	0,92365	23,88800	44,57000	50,46480
124	VARJÃO	GO	17° 03'	49° 38'	0,91659	21,05500	41,80000	47,35250
125	VIANÓPOLIS	GO	16° 44'	48° 30'	0,86138	14,69400	29,04390	32,88530
126	VILA BOA	GO	15° 02'	47° 04'	0,87195	16,94300	31,00910	35,11060

Desta forma, com os dados das estações apresentadas na tabela acima, considerou-se a equação para o tempo de retorno entre 8 anos e 100 anos:

A equação de chuva supracitada é utilizada para a obtenção de vazão em todos os cálculos hidrológicos e hidráulicos presentes neste projeto.

5.2.4 Justificativa para Adoção da Equação de Chuva para Região de Aparecida de Goiânia

Conforme apresentado, a equação de chuva da região do autor Costa está embasada tecnicamente e apresentada excelentes resultados no dimensionamento de obras de arte para transposição de talvegue. Os gráficos a seguir apresentam as precipitações em milímetros (P mm) utilizando a equação de chuva do município de Aparecida de Goiânia e os dados do posto pluviométrico de Goiânia nº1649013.

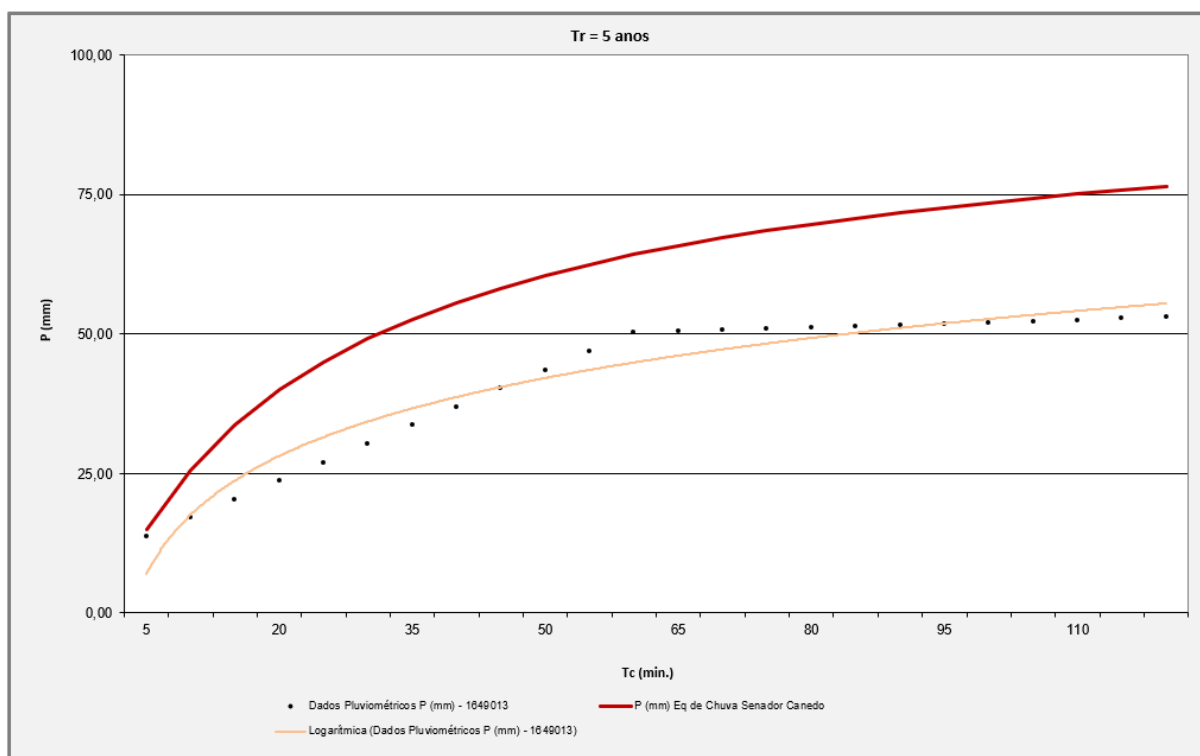


Figura 31 - PDF 5 anos

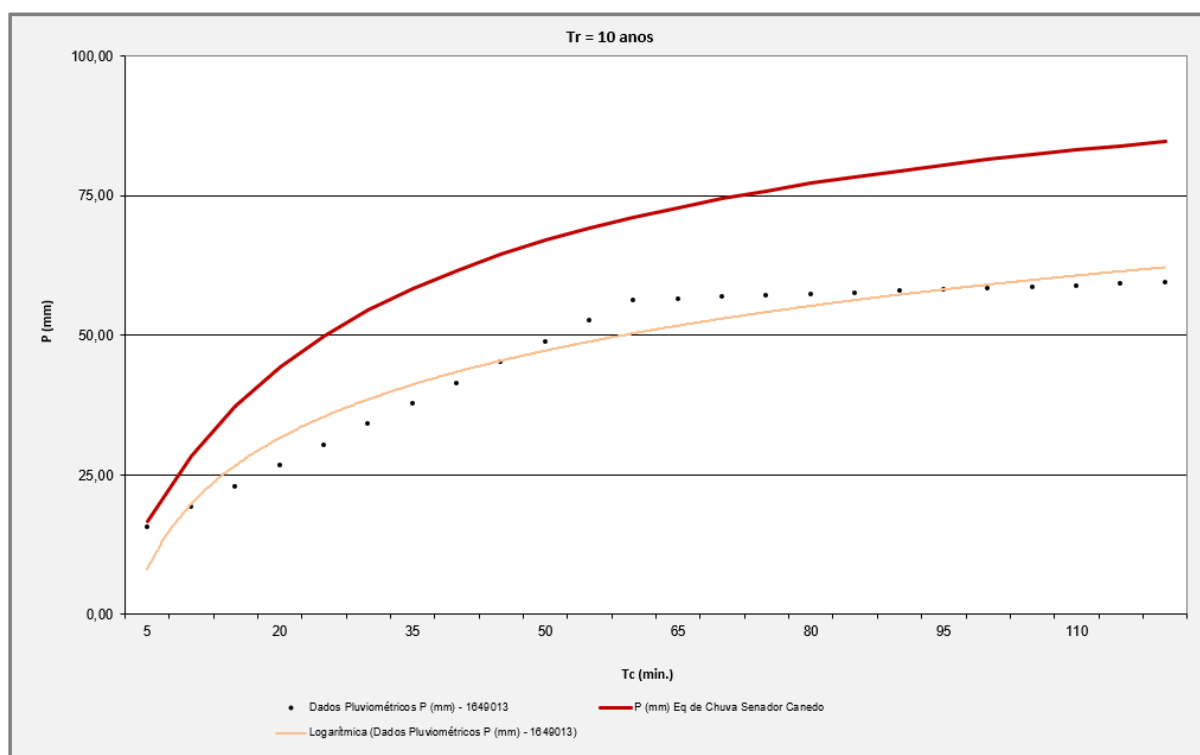


Figura 32 - PDF 10 anos

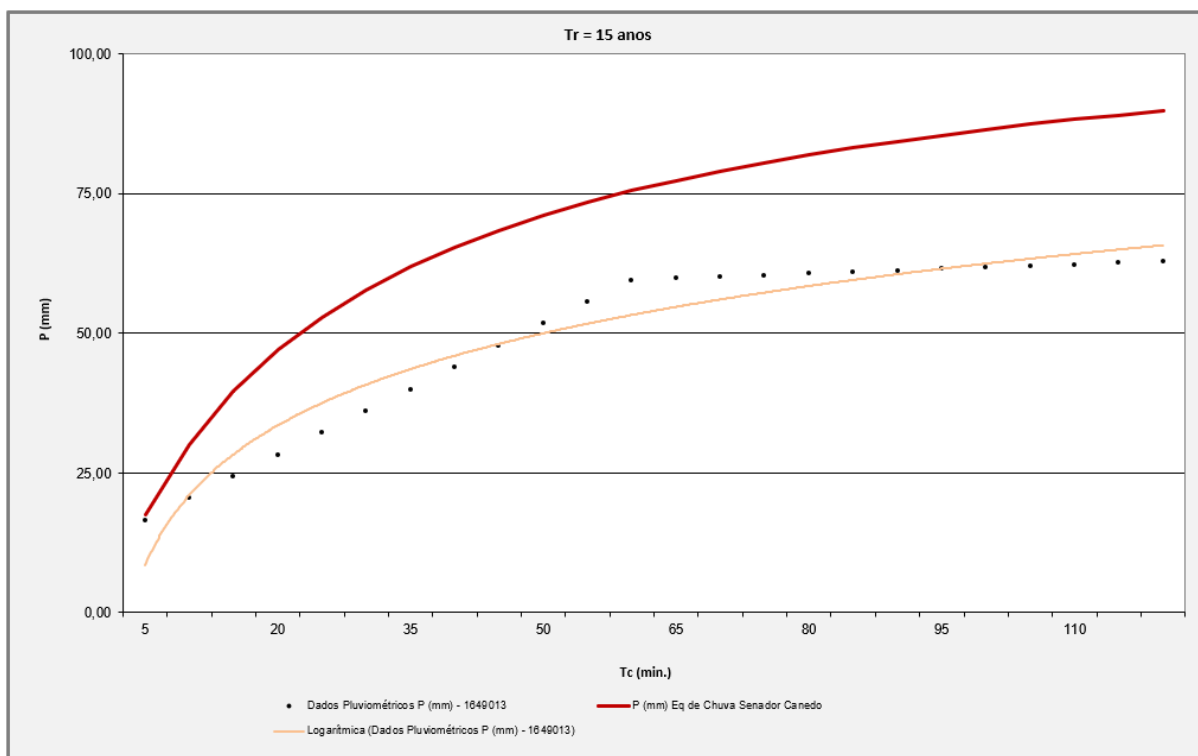


Figura 33 - PDF 15 anos

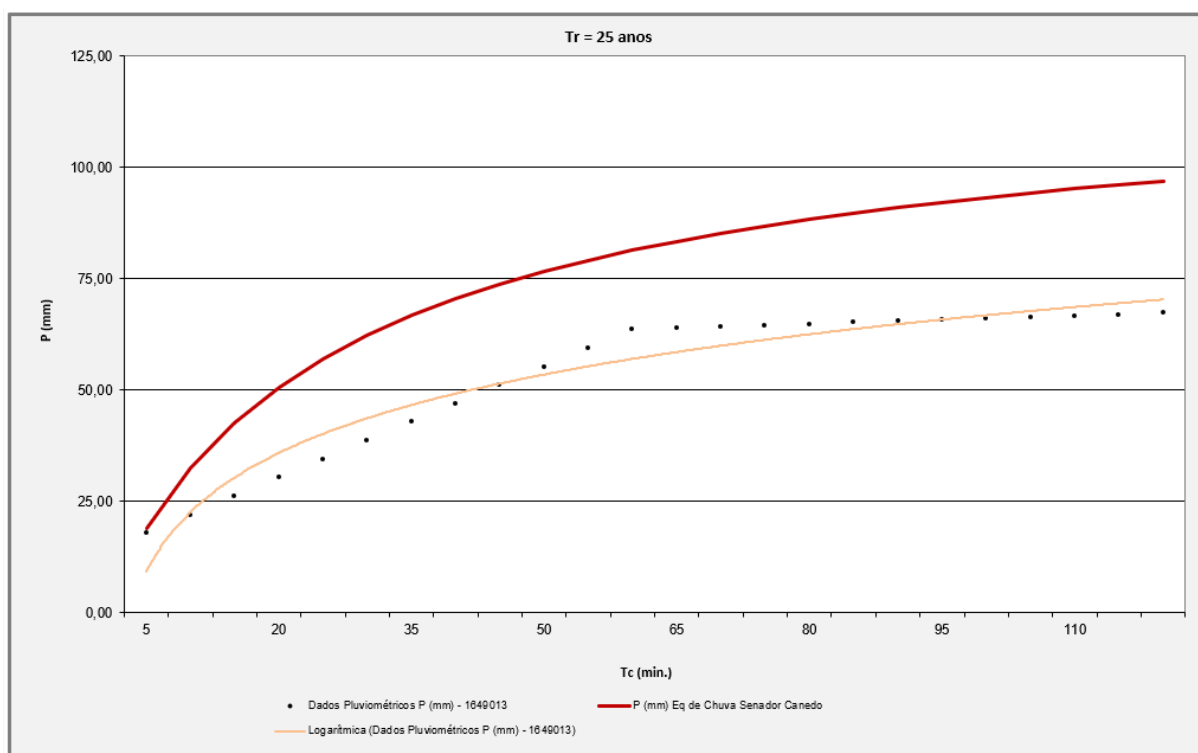


Figura 34 - PDF 25 anos

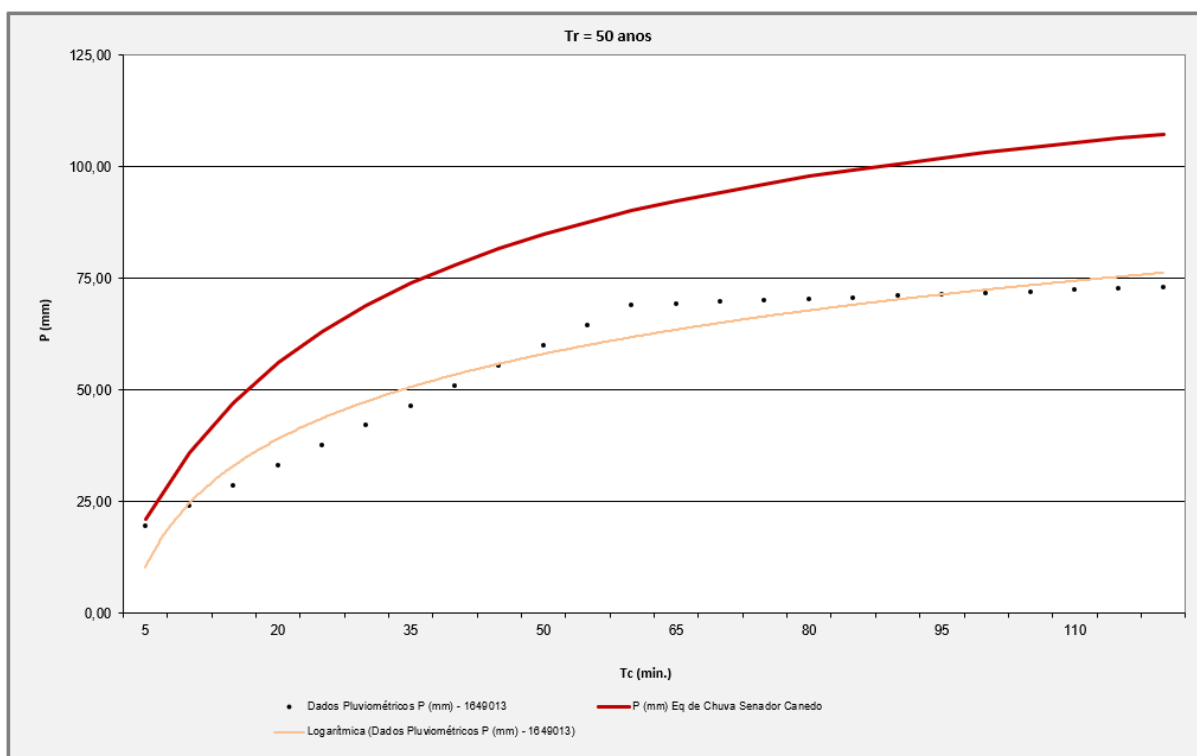


Figura 35 - PDF 50 anos

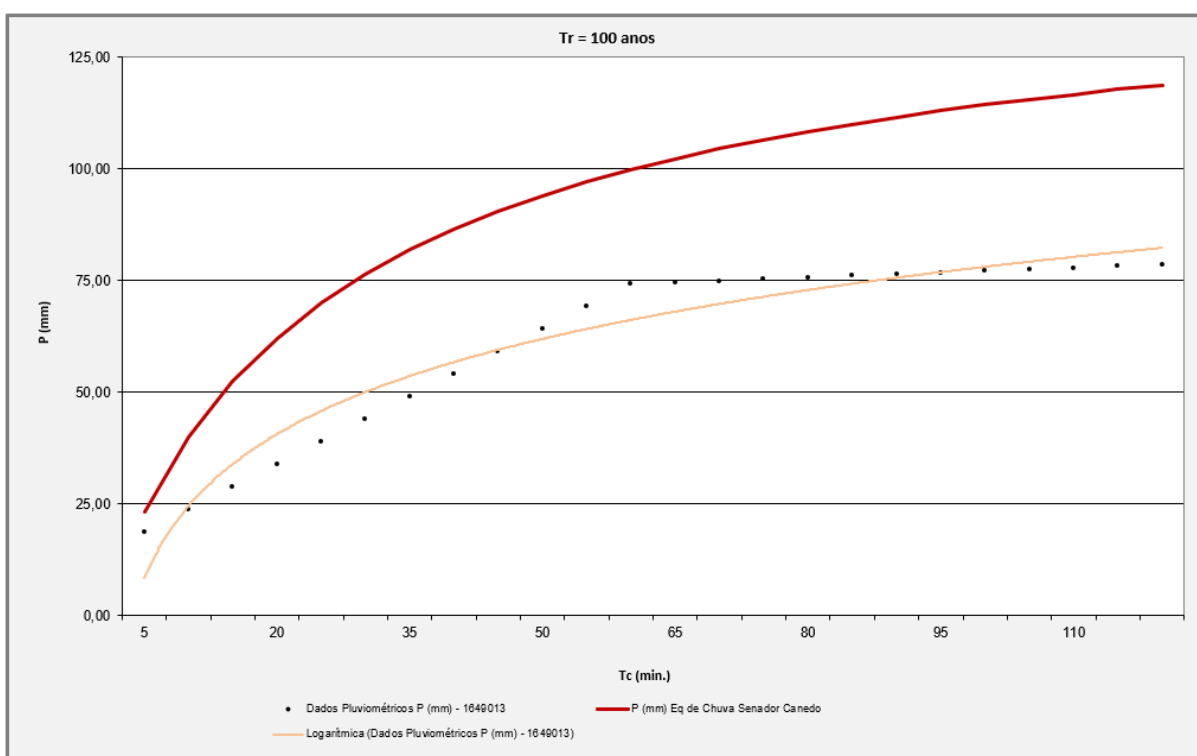


Figura 36 - PDF 100 anos

Como interpretação dos gráficos apresentados, podemos concluir que a equação de chuva para o município de Aparecida de Goiânia apresenta precipitações maiores em todos os tempos de retorno e durações de chuva que as precipitações médias registradas da região, com comportamento similar em todos os intervalos. Pode-se notar também, nos gráficos apresentados e estudos de precipitações, que a equação de chuva favorece o dimensionamento com tempos de concentração menores, o que acarreta maior segurança no cálculo de vazão para o presente projeto.

Concluiu-se assim que a equação de chuva utilizada atende às precipitações da região do projeto, validando a equação em questão, para utilização neste projeto.

5.2.5 Justificativa Para Adoção das Estações Pluviométricas

A Estação N° 1649023 é a de maior proximidade do local de estudo, porém não existem medições disponíveis para a referida Estação, inviabilizando a sua utilização para caracterização da pluviometria local. Foram então analisadas as Estações próximas a essa e que dispunham de dados passíveis de serem utilizados, definindo-se como escolha a Estação N° 1649013, esta possui o maior intervalo útil de medições aptas para o estudo da pluviometria local.

A figura apresentada a seguir, demonstra o polígono de Thiessen que embasou a organização dos dados e a área de influência para definição das estações pluviométricas adotadas para o presente estudo.

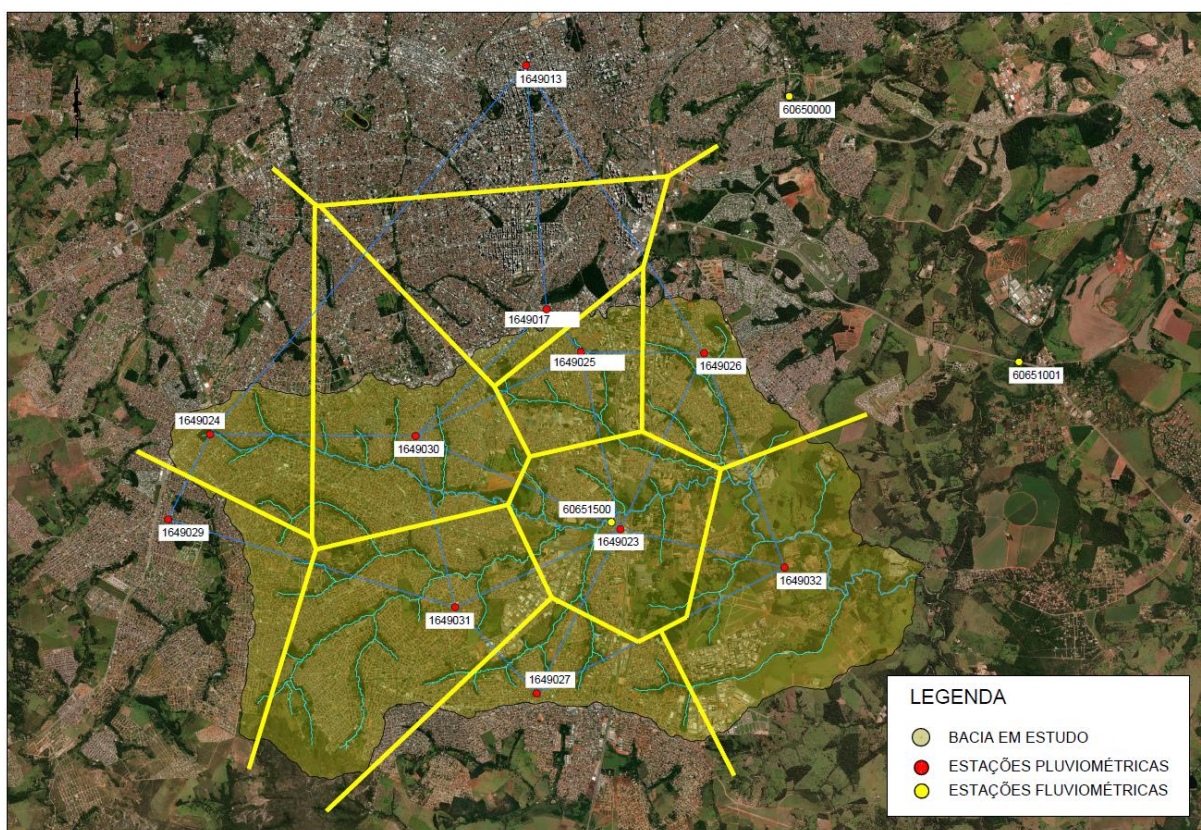


Figura 37– Localização dos pontos de coleta de dados pluviométricos – Método de Thiessen

A metodologia do polígono de Thiessen é empregada no projeto para determinação das áreas de influência de cada estação. O método consiste em conectar as estações por trechos retilíneos, traçando linhas perpendiculares a esses trechos, passando pelo meio uma linha que liga as duas estações. Essas linhas perpendiculares são então prolongadas até se encontrarem umas com as outras formando um polígono na intersecção das linhas, esses polígonos correspondem às áreas de influência de cada estação.

5.2.6 Métodos de Dimensionamento das Vazões Excedentes

O escoamento superficial direto, ou precipitação excedente, é a parcela da precipitação total que escoia inicialmente pela superfície do solo, concentrando-se em enxurradas e, posteriormente, em cursos de água maiores e mais bem definidos. A chuva excedente é a maior responsável pelas vazões de cheia, principalmente em bacias pequenas e urbanizadas.

A lâmina de chuva excedente (h_{exc}), multiplicada pela área de drenagem (A), fornece o volume de escoamento superficial direto.

$$V_{esd} = A \times h_{exc}$$

Equação - Vazões Excedentes

A impermeabilização do solo, que normalmente acompanha o processo de urbanização, altera dramaticamente a parcela da chuva que escoia superficialmente. Aumentos da altura da lâmina d'água da ordem de 300 a 400% não são incomuns quando a bacia de uma ocupação natural ou rural para uma ocupação de alto grau de urbanização.

5.2.7 Determinação do Coeficiente de Escoamento

Para o cálculo da chuva excedente uma das abordagens principais é o cálculo direto por meio de relações funcionais que levam em conta o total precipitado, o tipo de solo, sua ocupação e perdas por infiltração.

Os métodos de cálculo baseiam-se, normalmente, em relações empíricas e são largamente utilizados pelo uso fácil e por fornecerem resultados satisfatórios quando empregados com discernimento. Exemplos típicos dessa classe de métodos são os consagrados: método do número da curva do SCS e o método do coeficiente de escoamento superficial, utilizado para cálculo das vazões de pico.

5.2.8 Coeficiente de Escoamento Superficial – “c”

Do volume total precipitado sobre a bacia, apenas uma parte atinge a seção de vazão sob a forma de escoamento superficial. Uma outra parte está sujeita a infiltração e evaporação. O volume escoado é, então, um resíduo do volume precipitado e a relação entre os dois é o que se denomina de Coeficiente de Escoamento. A parcela da precipitação que escoia superficialmente depende basicamente das características da área onde se dará o escoamento (declividade, natureza e utilização do solo).

A definição do coeficiente de escoamento superficial, apoia-se em tabelas que apresentam valores em função do tipo de ocupação da área. Analisa-se o coeficiente de escoamento superficial de cada bacia de forma particular, identificando as características e particularidades de cada local para assim representar da melhor forma possível a escolha de valores dos coeficientes de escoamento superficial a serem empregados.

Tabela 13 - Valores do coeficiente de escoamento superficial

DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DAS BACIAS TRIBUTÁRIAS	COEFICIENTE DE DEFLÚVIO "c"
Comércio:	
Áreas Centrais	0,70 a 0,95
Áreas de periferia do centro	0,50 a 0,70
Residencial:	
Áreas de uma única família	0,30 a 0,50
Multi-unidades, isoladas	0,40 a 0,60
Multi-unidades, ligadas	0,60 a 0,75
Residencial (suburbana)	0,25 a 0,40
Área de apartamentos	0,50 a 0,70
Industrial:	
Áreas leves	0,50 a 0,80
Áreas densas	0,60 a 0,90
Parques, cemitérios	0,10 a 0,25
Playgrounds	0,20 a 0,35
Pátio e espaço de serviços de estrada de ferro	0,20 a 0,40
Terrenos baldios	0,10 a 0,30

Fonte: IPR-715 Manual de Hidrologia Básica para Dispositivos de Drenagem (2005).

Tabela 14 - Valores do coeficiente de escoamento superficial

TIPO DE SUPERFÍCIE	COEFICIENTE DE DEFLÚVIO "c"
Ruas:	
Asfalto	0,70 a 0,95
Concreto	0,80 a 0,95
Tijolos	0,70 a 0,85
Trajeto de acesso a calçadas	0,75 a 0,85
Telhados	0,75 a 0,95
Gramados; solos arenosos:	
Plano, 2%	0,05 a 0,10
Médio, 2 a 7%	0,10 a 0,15
Íngreme, 7%	0,15 a 0,20
Gramados; solo compacto:	
Plano, 2%	0,13 a 0,17
Médio, 2 a 7%	0,18 a 0,22
Íngreme, 7%	0,15 a 0,35

Fonte: IPR-715 Manual de Hidrologia Básica para Dispositivos de Drenagem (2005).

Como as áreas de contribuição das bacias possuem superfícies com diferentes coeficientes de escoamento, adota-se a média ponderada de seus valores.

5.2.9 Método do "Soil Conservation Service"(SCS)

O método de cálculo de vazão do SCS, aqui apresentado, referencia-se no *IPR-715 – Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem, DNIT 2005*. Inicialmente é realizada a separação do escoamento, este consiste na determinação do volume de água que entra na bacia através da precipitação que será escoado superficialmente através de balanço hídrico.

A vazão de pico é calculada em função da área de drenagem da bacia, o armazenamento potencial da bacia e o tempo de concentração. Essa relação chuva-deflúvio separa a chuva total em escoamento direto,

retenção e abstração inicial, é realizada através do emprego da expressão de Mockus, onde se define os deflúvios em função das precipitações, a expressão é apresentada a seguir.

$$Q_D = \frac{(P - 0,2 S_R)^2}{P + 0,8 S_R}$$

Equação - SCS

$$P > 0,2S$$

Onde:

Q_D = altura do escoamento superficial direto, mm;

P = altura da precipitação, mm;

S_R = retenção potencial do solo, mm.

O valor de S depende do tipo e da ocupação do solo e pode ser determinado, facilmente, por tabelas próprias. A quantidade de 0,2 S é uma estimativa de perdas iniciais, devidas à interceptação e retenção em depressões. Por essa razão, impõe-se a condição $P > 0,2S$.

Estudos empíricos mostram que o S_R está relacionado ao tipo de solo, uso do solo e condição da bacia. Esses são representados pelo número de curva, CN, que é utilizado para estimar o S_R na seguinte equação:

$$S_R = \frac{25400}{CN-254}$$

Equação - S_r

Onde:

CN = número da curva, varia entre 0 e 100. O parâmetro CN depende do tipo de solo, condições de uso e ocupação do solo e da umidade antecedente.

O parâmetro CN é o número de escoamento da bacia que retrata as condições da camada superficial do solo, pode variar desde uma cobertura muito permeável até uma cobertura totalmente impermeável, variando a capacidade de infiltração do solo.

O SCS distingue, em seu método, quatro grupos hidrológicos de solos, são classificados de "A" a "D" variando entre solos mais arenosos (A), intermediários (B e C) e mais argilosos (D). A Tabela apresentada a seguir, demonstra os valores do número de curva adotado para cada tipo de solo e ocupação (na Condição II). O método em questão também distingue três condições de umidade antecedente do solo, podendo eles terem condição I (solos secos), condição II (situação média na época das cheias) e condição III (solo úmido, próximo da saturação).

Tabela 15 – Número de Chuva CN para Diversas Condições de Umidades Antecedentes

Condição II	Condição O	Condição I	Condição III
15	15	7	33
20	19	9	39
25	23	12	45
30	27	15	50
35	30	19	55
40	33	23	60
45	36	27	65
50	39	31	70
55	43	35	75
60	47	40	79
65	51	45	83
70	56	51	87
75	61	57	91
80	67	63	94
85	74	70	97
90	82	78	98
95	92	87	99
100	100	100	100

Fonte: IPR – 715 Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem DNIT 2005 (Adaptada).

Tabela 16 – Número de Curva (CN) para Diferentes Condições do Complexo Hidrológico

Solo - Cobertura Vegetal					
Para Condição de Umidade Antecedente II (Média) E Ia = 0,2s					
Cobertura Vegetal	Condição de Retenção Superficial	Grupo Hidrológico do Solo			
		A	B	C	D
Terreno não Cultivado com Pouca Vegetação	Pobre	77	86	91	94
Terreno Cultivado	Pobre	72	81	88	91
	Boa	51	67	76	80
Pasto	Pobre	68	79	86	89
	Boa	39	61	74	80
Mata ou Bosque	Pobre	45	66	77	83
	Boa	25	55	70	77
Área Urbana	Pobre	74	80	87	90
	Boa	70	76	83	86

Fonte: IPR – 715 Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem DNIT 2005 (Adaptada).

Tabela 17 - Valores de C e CN para a Condição

OROGRAFIA			PLANA		ONDULADA		MONTANHOSA	
CONDIÇÕES DE SUPERFÍCIE			C	CN	C	CN	C	CN
Terrenos Estéreis e Áreas Urbanizadas	muito permeáveis	A	0,10	50	0,20	55	0,30	65
	permeáveis	B	0,20	55	0,30	60	0,40	70
	semi permeáveis	C	0,40	60	0,50	65	0,60	75
	pouco permeáveis	D	0,60/0,8	70	0,60/0,9	75	0,60/1,0	80
Cerrados, Pastagens e Matas Ralas	muito permeáveis	A	0,20	45	0,30	50	0,40	60
	permeáveis	B	0,25	50	0,35	55	0,45	65
	semi permeáveis	C	0,30	60	0,40	60	0,50	70
	pouco permeáveis	D	0,40	65	0,50	70	0,60	75
Culturas e Pastagens Terraceados	muito permeáveis	A	0,10	35	0,30	45	0,40	50
	permeáveis	B	0,20	40	0,35	50	0,45	55
	semi permeáveis	C	0,30	50	0,40	60	0,50	60
	pouco permeáveis	D	0,40	60	0,50	65	0,60	70
Culturas Terraceados	muito permeáveis	A	0,10	30	0,20	40	0,30	50
	permeáveis	B	0,15	40	0,30	50	0,40	55
	semi permeáveis	C	0,20	50	0,40	55	0,50	60
	pouco permeáveis	D	0,40	60	0,50	65	0,60	70
A - "Loess" em camadas espessas								
B - "Loess" em camadas rasas e areias								
C - solos siltosos e argilosos								
D - solos com argilas expansivas e pavimento								

A aplicação do método SCS a áreas urbanizadas pode ser feita de duas formas. Uma delas é fazer uso de tabelas que levam em conta os tipos de ocupação do solo, característicos de áreas urbanas (Tabela: Valores de C e CN). A outra é fazer uma média ponderada dos diversos CNs da bacia. Para o presente estudo adotou-se coeficientes variados, ajustados para cada caso, obtidos pela média ponderada do tipo de ocupação atual e em casos de área com potencial à urbanização, a ocupação futura do solo.

5.2.10 Definição dos Dados Físicos das Bacias Hidrográficas

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural das águas precipitadas, em que os escoamentos seguem para um único ponto de saída denominado exutório. Ela pode ser considerada como um sistema físico onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado pelo exutório, considerando como perdas intermediárias os volumes evaporados e infiltrados.

Para a definição em termos de deflúvio, deverão ser levantados os dados das bacias com a compartimentação de dados existentes (Cartas geográficas, dados geológicos, geomorfológicos, tipos de solos etc.) com uso de modelagem de terreno através de softwares.

O maior objetivo do estudo das bacias é a predição satisfatória do comportamento hidráulico das obras de arte projetadas. Isto é alcançado através da ordenação e análise das informações obtidas nos estudos realizados.

5.2.11 Tempo de Concentração

O tempo de concentração é, ao lado do coeficiente de escoamento superficial, um dos parâmetros cruciais da determinação na vazão de projeto. Diversas fórmulas têm sido propostas para determinar esse parâmetro em função das características físicas da bacia, da sua ocupação e, eventualmente, da intensidade de chuva. É importante salientar que a maioria dessas expressões são empíricas e, portanto, só valem para condições muito semelhantes às de sua determinação. A adoção de qualquer dessas fórmulas deve ser precedida de análise cuidadosa para evitar-se, por exemplo, o equívoco de utilizar, em áreas urbanas, fórmulas originalmente desenvolvidas para áreas rurais.

O tempo de concentração de uma bacia hidrográfica é definido pelo tempo de percurso em que o deflúvio leva para atingir o curso principal desde os pontos mais longínquos até o local onde se deseja definir a descarga. Esse tempo caracteriza a forma do hidrograma unitário, sendo ainda definido pelo intervalo de tempo entre o início da precipitação e o instante em que todos os pontos da bacia estão contribuindo para a vazão e consequentemente é um fator importante na conformação e na descarga máxima da enchente de projeto.

A determinação numérica do tempo de concentração depende primordialmente do comprimento do curso d'água principal e de sua declividade.

O tempo de concentração não é constante para uma dada área, mas varia de acordo com o estado de recobrimento vegetal e a altura e distribuição da chuva sobre a bacia. Porém, para períodos de recorrência superiores a 10 anos, a influência da vegetação parece ser desprezível.

Foi adotado para determinação do tempo de concentração (TC) o método de KIRPICH MODIFICADA, indicado pelo DNIT, no *IPR – 715 Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem (2005)*, que é dado pela seguinte fórmula:

$$T_C = 1,42 \times (L^3/h)^{0,385}$$

Equação- Tempo de concentração

Sendo:

T_C = tempo de concentração, em horas;

L = comprimento do curso d'água, em km;

H = desnível máximo, em metros.

A fórmula de KIRPICH MODIFICADA foi escolhida por conduzir a valores razoáveis tanto bacias pequenas quanto médias e grandes, fornecendo velocidades próximas da média de todas as expressões analisadas no *IPR – 715*, ou seja, é indicada para qualquer tamanho de bacia.

5.2.12 Método Racional

Uma das equações mais comumente utilizadas para o cálculo de vazão de pico para áreas pequenas é a fórmula Racional, que consiste no cálculo da descarga máxima de uma enchente de projeto por meio de expressão que relaciona o valor desta descarga com a área da bacia e a intensidade da chuva, expressa por:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \times 60$$

Equação- Vazão Racional

Onde:

Q = vazão, m³/s

C = coeficiente adimensional (coeficiente de escoamento superficial)

I = Intensidade de chuva em mm/min

A = área da bacia, km^2

O conceito do que seja uma pequena bacia é relativo. Sob o ponto de vista de drenagem, interessa defini-la em função de suas características hidrológicas. As seguintes propriedades descrevem uma bacia pequena em relação às precipitações e a outras características do escoamento que produzem as vazões de pico:

- *A vazão de pico ocorre quando toda a bacia está contribuindo para o escoamento*
- *A intensidade de chuva é a mesma em toda a área da bacia*
- *A intensidade de chuva é uniforme sobre o tempo de duração igual ao tempo de concentração, T_c . O tempo de concentração é o tempo necessário para a água deslocar de um ponto hidráulico mais distante na bacia até o ponto de interesse.*
- *A frequência da ocorrência da vazão de pico é a mesma que a intensidade de chuva.*

O coeficiente de escoamento é o mesmo para todas as tormentas de todas as probabilidades de recorrência. Como já citado anteriormente, as áreas de contribuição das bacias possuem superfícies com diferentes coeficientes de escoamento, comumente adota-se a média ponderada de seus valores para a verificação das obras de arte correntes e um T_c de 10 minutos para a drenagem superficial.

5.2.13 Método Racional Corrigido

Adota-se em bacias com áreas entre 4 km^2 e 10 km^2 , para corrigir os efeitos da distribuição das chuvas que são consideradas uniformes no Método Racional, coeficientes redutores das chuvas de ponta denominados Coeficientes de Distribuição (n), de acordo com o recomendado pelo IPR – 715 *Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem 2005* do DNIT. É expresso conforme a equação apresentada a seguir.

Onde:

A = área da bacia, em km^2 .

5.2.14 Hidrograma unitário

Segundo o *Soil Conservation Service*, deve-se usar o hidrograma unitário adimensional curvilíneo, representado pela figura a seguir. Este hidrograma foi deduzido da média de um grande número de hidrogramas unitários naturais de bacias com tamanhos muito variados e situações geográficas diversas. Dividindo as ordenadas do hidrograma unitário pela sua descarga máxima e as abscissas pelo de ponta T_p , resulta o hidrograma adimensional cujo tempo base é igual a $5 T_p$.

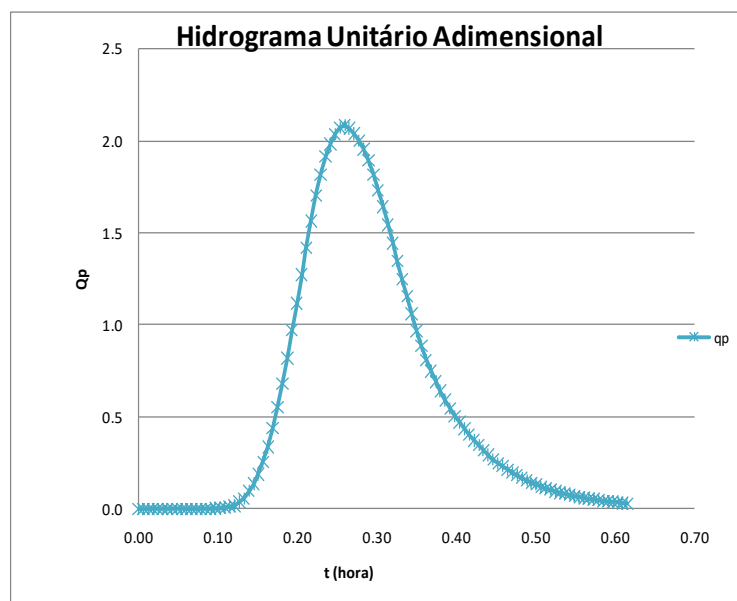


Figura 38 – Hidrograma Unitária Adimensional.

Para o cálculo das vazões de projeto é montada uma planilha com o auxílio do *software Excel* onde os cálculos estão vinculados aos dados físicos levantados das bacias hidrográficas, aos coeficientes adotados, à tormenta de chuva e à toda metodologia do Hidrograma Unitário Adimensional proposta pelo SCS.

As planilhas de cálculo serão apresentadas por travessia, sendo a mesma a considerada como exutório das bacias hidrográficas em questão. No cabeçalho das planilhas estarão todas as informações de descrição e técnicas para a definição da chuva de projeto. Quanto as informações técnicas temos:

- a) *Tempo de concentração (Tc), em horas*

$$T_c = 1,42 \times (L^3/h)^{0,385}$$

- b) *Tempo Unitário (Δt), em horas*

$$\Delta t = T_c/6$$

- c) *Tempo de Pico (Tp), em horas*

$$T_p = 0,6 \times T_c + T_c/12$$

- d) *Tempo de Base (Tb), em horas*

$$T_b = 5 \times T_p$$

- e) *Tempo de Retorno (Tr), em horas*

$$T_r = 1,67 \times T_p$$

- f) *Escoamento superficial (μ), em m³/s/cm*

$$\mu = 2,08 \times \text{Área}/T_p$$

Com esses valores é estabelecido o hidrógrafo triangular:

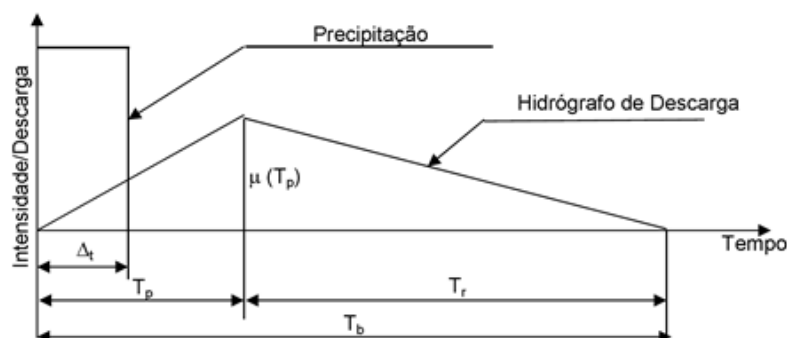


Figura 39 – Principais variáveis do Hidrograma Triangular (Autor).

5.2.15 Bases Cartográficas e Dados Topográficos

A base cartográfica utilizada para a execução dos estudos hidrológicos foram os arquivos SIG do Sistema Estadual de Geoinformação – SIEG do Estado de Goiás e modelos digitais de elevação – MDE do INPE, disponíveis em www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php.

Também foram utilizados o software Google Earth Pro®, assim como levantamentos planialtimétricos na área de implantação da obra, seguindo as instruções do DNIT.

O levantamento foi realizado pela empresa Geotec Serviços Técnicos e Locações e possuem como responsável técnico Luiz Carlos Prados, CPF 254.446.381-34, técnico em agrimensura.

5.2.16 Resultados do Estudo Hidrológico

Em sua função primordial, a drenagem de uma via deve eliminar a água que, sob qualquer forma, atinge o corpo estradal, captando-a e conduzindo-a para locais em que não mais afete a segurança daqueles que trafegam sobre a pista.

No caso da transposição de talvegues, essas águas pertencem a uma bacia e, por imperativos hidrológicos, têm que ser desviadas de maneira a não comprometer a estrutura da estrada. Esse objetivo é alcançado pela introdução de uma ou mais linhas de bueiros sob os aterros ou pela construção de pontes transpondo os cursos d'água, que se constituem nos obstáculos a serem vencidos pela pista.

O presente projeto contemplou a definição das dimensões básicas da obra de arte especial, a ser implantada em substituição à obra existente.

ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS											
Hidrograma Unitário											
ESTACA :		310 + 9,00		CN:		79		t :		67,52	
VIA :		Rua Pergaminho - Setor Vale das Pombas		TEMPO DE CONCENTRAÇÃO		Tc (h) :				8,95	
CURSO D'ÁGUA :		Ribeirão Santo Antônio		TEMPO UNITÁRIO		Tu (h) :				1,49	
ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO (km²) :		155,123		TEMPO DE PICO		Tp (h) :				6,12	
COMP. DO TALVEGUE (km) :		28,49		TEMPO DE BASE		Tb (h) :				16,31	
DESNÍVEL (m) :		193,94		TEMPO DE RETORNO		Tr (h) :				10,21	
DECLIVIDADE DO TALVEGUE (%) :		0,68		μ (Tp)		(m3/s/cm) :				52,76	
SOLO (U.S. Soil Conservation) :		Tipo B		TEMPO DE RECORRÊNCIA :						100 anos	
TERRENO :		Ondulado									
FUNCIONAMENTO :		-									
CARGA HIDRÁULICA (m) :		-									

Estação : Aparecida de Goiânia				
b	0,963	a	0,147	
c	23,908	b	0,220	
B1	53,118	g	0,090	
B2	60,143	d	0,627	

COMPOSIÇÃO DE ÁREA "CN"					
	m²	km²	CN	%	
Área total	155.123.411,3	155,12	-	-	-
Área de APP	7.321.825,0	7,32	35	4,72%	1,65
Área de lotes - chácaras	11.002.256,2	11,00	57	7,09%	4,04
Área residencial adensada	136.799.330,1	136,80	82	88,19%	72,31
CN adotado					79,00

CHUVA DE PROJETO								
Δ tc (min)	idf	Po (mm)	Δ P	n. ordem	I efetivo	n. ordem	Δ P ord	P proj
90	1,24	111,72	111,72	1	1,241	6	2,135	2,135
180	0,71	127,57	15,85	2	0,088	4	4,176	6,311
270	0,50	134,59	7,02	3	0,026	3	7,020	13,331
360	0,39	138,77	4,18	4	0,012	1	111,721	125,052
450	0,31	141,63	2,86	5	0,006	2	15,852	140,904
540	0,27	143,77	2,13	6	0,004	5	2,863	143,767

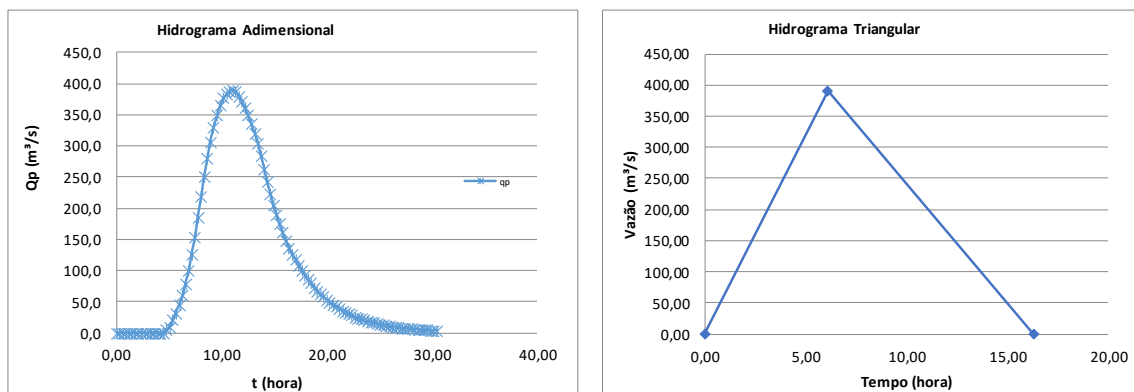
Tu (h)	Po (mm)	Pm (mm)	Pe (cm)	Δ Pe (cm)
1,49	2,135	1,965	0,000	0,000
2,98	6,311	5,810	0,000	0,000
4,47	13,331	12,274	0,000	0,000
5,97	125,052	115,138	6,107	6,107
7,46	140,904	129,734	7,352	1,245
8,95	143,767	132,370	7,581	0,229

Resultados	Recorrência		Qmáx	
	Q10 =		225,96 m³/s	
	Q15 =		249,88 m³/s	
	Q25 =		282,80 m³/s	
	Q50 =		332,87 m³/s	
		Q100 =		389,73 m³/s

Obra existente =	Ponte
Obra Dimensionada =	Ponte de Concreto

t/tr	Q/qp	t	HU	ΔPe						Qp
				0,000	0,000	0,000	6,107	1,245	0,229	
0,0	0,00	0,00	0,00	0,00						0,00
0,2	0,01	0,30	0,77	0,00						0,00
0,4	0,03	0,60	1,54	0,00						0,00
0,6	0,06	0,89	3,29	0,00						0,00
0,8	0,10	1,19	5,10	0,00						0,00
1,0	0,14	1,49	7,36	0,00	0,00					0,00
1,2	0,18	1,79	9,68	0,00	0,00					0,00
1,4	0,24	2,09	12,65	0,00	0,00					0,00
1,6	0,30	2,39	15,74	0,00	0,00					0,00
1,8	0,37	2,68	19,65	0,00	0,00					0,00
2,0	0,45	2,98	23,77	0,00	0,00	0,00				0,00
2,2	0,54	3,28	28,47	0,00	0,00	0,00				0,00
2,4	0,63	3,58	33,36	0,00	0,00	0,00				0,00
2,6	0,71	3,88	37,71	0,00	0,00	0,00				0,00
2,8	0,79	4,18	41,82	0,00	0,00	0,00				0,00
3,0	0,85	4,47	45,10	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00
3,2	0,91	4,77	47,94	0,00	0,00	0,00	4,72			4,72
3,4	0,95	5,07	49,99	0,00	0,00	0,00	9,43			9,43
3,6	0,98	5,37	51,54	0,00	0,00	0,00	20,12			20,12
3,8	0,99	5,67	52,38	0,00	0,00	0,00	31,12			31,12
4,0	1,00	5,97	52,63	0,00	0,00	0,00	44,95	0,00		44,95
4,2	1,00	6,26	52,63	0,00	0,00	0,00	59,10	0,96		60,06
4,4	0,99	6,56	52,38	0,00	0,00	0,00	77,25	1,92		79,17
4,6	0,98	6,86	51,54	0,00	0,00	0,00	96,11	4,10		100,21
4,8	0,95	7,16	49,99	0,00	0,00	0,00	120,00	6,35		126,35
5,0	0,92	7,46	48,35	0,00	0,00	0,00	145,15	9,17	0,00	154,31
5,2	0,88	7,76	46,55	0,00	0,00	0,00	173,83	12,05	0,18	186,06
5,4	0,85	8,05	44,65	0,00	0,00	0,00	203,69	15,76	0,35	219,80
5,6	0,81	8,35	42,60	0,00	0,00	0,00	230,25	19,60	0,75	250,61
5,8	0,77	8,65	40,38	0,00	0,00	0,00	255,40	24,47	1,16	281,04
6,0	0,72	8,95	37,81	0,00	0,00	0,00	275,44	29,60	1,68	306,72
6,2	0,67	9,25	35,11	0,00	0,00	0,00	292,73	35,45	2,21	330,39
6,4	0,61	9,55	32,02	0,00	0,00	0,00	305,30	41,54	2,89	349,74
6,6	0,55	9,84	29,03	0,00	0,00	0,00	314,73	46,96	3,60	365,29
6,8	0,50	10,14	26,46	0,00	0,00	0,00	319,84	52,09	4,49	376,42
7,0	0,45	10,44	24,00	0,00	0,00	0,00	321,41	56,18	5,43	383,02
7,2	0,42	10,74	22,20	0,00	0,00	0,00	321,41	59,70	6,51	387,62
7,40	0,39	11,04	20,42	0,00	0,00	0,00	319,84	62,27	7,62	389,73
7,6	0,36	11,34	18,88	0,00	0,00	0,00	314,73	64,19	8,62	387,54
7,8	0,33	11,63	17,35	0,00	0,00	0,00	305,30	65,23	9,56	380,09
8,0	0,30	11,93	16,06	0,00	0,00	0,00	295,24	65,55	10,31	371,10
8,2	0,28	12,23	14,77	0,00	0,00	0,00	284,24	65,55	10,96	360,75
8,4	0,26	12,53	13,85	0,00	0,00	0,00	272,69	65,23	11,43	349,35
8,6	0,24	12,83	12,92	0,00	0,00	0,00	260,11	64,19	11,78	336,09
8,8	0,23	13,13	11,97	0,00	0,00	0,00	246,60	62,27	11,97	320,84
9,0	0,21	13,42	11,02	0,00	0,00	0,00	230,88	60,22	12,03	303,13
9,2	0,19	13,72	10,23	0,00	0,00	0,00	214,38	57,97	12,03	284,38
9,4	0,18	14,02	9,45	0,00	0,00	0,00	195,52	55,62	11,97	263,11
9,6	0,16	14,32	8,68	0,00	0,00	0,00	177,29	53,05	11,78	242,12
9,8	0,15	14,62	7,91	0,00	0,00	0,00	161,57	50,30	11,43	223,29
10,0	0,14	14,92	7,34	0,00	0,00	0,00	146,56	47,09	11,05	204,70

10,2	0,13	15,21	6,83	0,00	0,00	0,00	135,56	43,72	10,64	189,92
10,4	0,12	15,51	6,31	0,00	0,00	0,00	124,71	39,88	10,21	174,80
10,6	0,11	15,81	5,80	0,00	0,00	0,00	115,28	36,16	9,74	161,18
10,8	0,10	16,11	5,38	0,00	0,00	0,00	105,93	32,95	9,23	148,11
11,0	0,09	16,41	4,99	0,00	0,00	0,00	98,07	29,89	8,64	136,61
11,2	0,09	16,71	4,60	0,00	0,00	0,00	90,21	27,65	8,02	125,89
11,4	0,08	17,00	4,22	0,00	0,00	0,00	84,56	25,44	7,32	117,31
11,6	0,07	17,30	3,89	0,00	0,00	0,00	78,90	23,51	6,64	109,05
11,8	0,07	17,60	3,61	0,00	0,00	0,00	73,09	21,61	6,05	100,74
12,0	0,06	17,90	3,33	0,00	0,00	0,00	67,28	20,00	5,49	92,76
12,2	0,06	18,20	3,04	0,00	0,00	0,00	62,45	18,40	5,07	85,92
12,4	0,05	18,50	2,81	0,00	0,00	0,00	57,74	17,25	4,67	79,65
12,6	0,05	18,79	2,61	0,00	0,00	0,00	53,02	16,09	4,31	73,43
12,8	0,05	19,09	2,42	0,00	0,00	0,00	48,31	14,91	3,96	67,18
13,0	0,04	19,39	2,23	0,00	0,00	0,00	44,85	13,72	3,67	62,24
13,2	0,04	19,69	2,05	0,00	0,00	0,00	41,70	12,74	3,38	57,82
13,4	0,04	19,99	1,91	0,00	0,00	0,00	38,56	11,78	3,16	53,50
13,6	0,03	20,29	1,77	0,00	0,00	0,00	35,42	10,81	2,95	49,18
13,8	0,03	20,58	1,63	0,00	0,00	0,00	32,82	9,85	2,74	45,41
14,0	0,03	20,88	1,50	0,00	0,00	0,00	30,47	9,15	2,52	42,13
14,2	0,03	21,18	1,40	0,00	0,00	0,00	28,11	8,51	2,34	38,95
14,4	0,02	21,48	1,29	0,00	0,00	0,00	25,75	7,86	2,16	35,78
14,6	0,02	21,78	1,19	0,00	0,00	0,00	23,77	7,22	1,98	32,98
14,8	0,02	22,07	1,09	0,00	0,00	0,00	22,04	6,69	1,81	30,55
15,0	0,02	22,37	1,02	0,00	0,00	0,00	20,31	6,21	1,68	28,21
15,2	0,02	22,67	0,94	0,00	0,00	0,00	18,59	5,73	1,56	25,88
15,4	0,02	22,97	0,86	0,00	0,00	0,00	17,13	5,25	1,44	23,83
15,6	0,01	23,27	0,79	0,00	0,00	0,00	15,95	4,85	1,33	22,13
15,8	0,01	23,57	0,73	0,00	0,00	0,00	14,77	4,50	1,23	20,50
16,0	0,01	23,86	0,68	0,00	0,00	0,00	13,60	4,14	1,14	18,88
16,2	0,01	24,16	0,63	0,00	0,00	0,00	12,54	3,79	1,05	17,38
16,4	0,01	24,46	0,58	0,00	0,00	0,00	11,68	3,49	0,96	16,14
16,6	0,01	24,76	0,55	0,00	0,00	0,00	10,81	3,25	0,89	14,96
16,8	0,01	25,06	0,52	0,00	0,00	0,00	9,95	3,01	0,83	13,79
17,0	0,01	25,36	0,49	0,00	0,00	0,00	9,16	2,77	0,76	12,69
17,2	0,01	25,65	0,46	0,00	0,00	0,00	8,53	2,56	0,70	11,78
17,4	0,01	25,95	0,43	0,00	0,00	0,00	7,90	2,38	0,64	10,92
17,6	0,01	26,25	0,40	0,00	0,00	0,00	7,27	2,21	0,60	10,07
17,8	0,01	26,55	0,36	0,00	0,00	0,00	6,67	2,03	0,55	9,25
18,0	0,01	26,85	0,33	0,00	0,00	0,00	6,20	1,87	0,51	8,58
18,2	0,01	27,15	0,30	0,00	0,00	0,00	5,73	1,74	0,47	7,94
18,4	0,01	27,44	0,27	0,00	0,00	0,00	5,26	1,61	0,44	7,31
18,6	0,00	27,74	0,24	0,00	0,00	0,00	4,80	1,48	0,40	6,69
18,8	0,00	28,04	0,22	0,00	0,00	0,00	4,49	1,36	0,37	6,22
19,0	0,00	28,34	0,19	0,00	0,00	0,00	4,17	1,26	0,34	5,78
19,2	0,00	28,64	0,17	0,00	0,00	0,00	3,86	1,17	0,32	5,35
19,4	0,00	28,94	0,14	0,00	0,00	0,00	3,54	1,07	0,30	4,91
19,6	0,00	29,23	0,12	0,00	0,00	0,00	3,36	0,98	0,27	4,61
19,8	0,00	29,53	0,09	0,00	0,00	0,00	3,17	0,92	0,25	4,33
20,0	0,00	29,83	0,06	0,00	0,00	0,00	2,98	0,85	0,23	4,06
20,2	0,00	30,13	0,04	0,00	0,00	0,00	2,79	0,79	0,21	3,79
20,4	0,00	30,43	0,01	0,00	0,00	0,00	2,60	0,72	0,20	3,52



Apresenta-se a seguir tabela resumo com os resultados obtidos no Estudo Hidrológico referentes a caracterização da bacia do ribeirão Santo Antônio até o ponto definido como exutório para este estudo, na transposição deste pela rua Pergaminho. Conforme apresentado no cálculo da vazão, o presente estudo considerou o tempo de retorno de 100 anos, obtendo uma vazão igual a 389,73 m³/s.

Tabela 18 - Microbacia delimitada

RESUMO - ESTUDO HIDROLÓGICO																				
Item	Nº da Bacia	Estaca	Descrição	Área (ha)	Área (km²)	Cota Montante (CM)	Cota Jusante (CJ)	H (m)	L (km)	S (m/m)	Tc (h)	Tc (min.)	C / CN	Decliv. (%)	φ	Descarga (m³/s)				Método
																Q ₁₅	Q ₂₅	Q ₅₀	Q ₁₀₀	
1	1	310 + 9,00	Ribeirão Santo Antônio	15512,34	155,12	854,91	660,97	193,94	28,49	6,81	8,95	536,96	81	0,68	-	249,88	282,80	332,87	389,73	Hidrograma Unitário

Rua Pergaminho - Ribeirão Santo Antônio

5.2.17 Capacidade Hidráulica nas Seções das Obras de Arte Especiais

A capacidade hidráulica das pontes é justificada no Estudo Hidráulico apresentado a seguir.

5.3 ESTUDO HIDRÁULICO

O estudo hidráulico consiste na determinação dos parâmetros para verificação e dimensionamento da obra de arte especial projetada para a transposição sobre o ribeirão Santo Antônio. O estudo desenvolvido tem por finalidade identificar o regime hídrico do rio para o cálculo do dimensionamento hidráulico da obra de arte especial a ser implantada. A metodologia utilizada para tal encontra-se no IPR-724 – *Manual de Drenagem de Rodovias DNIT 2006*.

5.3.1 Estudos Geomorfológicos da OAE

A estrutura geomorfológica da área de influência para implantação da ponte sobre o ribeirão Santo Antônio está contida no Planalto Rebaixado de Goiânia, uma subdivisão do Planalto Central Goiano, que é caracterizada por compreender um vasto planalto rebaixado e dissecado, esculpido em litologias pré-cambrianas diversas onde predominam-se micaxistos e quartzitos do grupo Araxá.

Há diversos trabalhos que buscam caracterizar a geomorfologia da região central do estado de Goiás, na qual está compreendido o ribeirão Santo Antônio, objeto deste estudo. De maneira geral, os trabalhos realizados na região através dos mapas e relatórios da série “Levantamento de Recursos Naturais” concebidos pelo projeto RADAMBRASIL, de alta confiabilidade, são explorados como principal referência para a caracterização geomorfológica da região em estudo.

O ribeirão Santo Antônio possui baixa declividade longitudinal ao longo de seu curso o que denota a ele também energia hidráulica relativamente baixa. As áreas próximas ao local onde se situa o bueiro existente possuem baixa preservação da mata ciliar, apresentando significativas modificações ao longo do tempo e sendo compostas por fragmentos de florestas alternados com vegetação natural e ocupações urbanas. O ribeirão Santo Antônio possui, ainda, calha relativamente definida, comportando assim as águas provenientes das precipitações de maior intensidade e dificilmente transbordando às suas margens de forma a gerar planícies de inundação.

A análise anterior é corroborada através da imagem do local, apresentada a seguir, em que a OAE será implantada.



Figura 38 - Exutório – Ponte projetada sobre o ribeirão Santo Antônio na rua Pergaminho.

As imagens, contemplando um período de aproximadamente 20 anos, demonstram as mudanças nas características do rio no trecho dos estudos.

A manutenção da mata ciliar é o mais importante condicionante para que maiores mudanças não ocorram nas características do rio que venham a influenciar na OAE a ser implantada, caso continue a haver perda considerável dessa área pode ocorrer um aumento no transporte de sedimentos e detritos para a calha do rio podendo causar alterações consideráveis na cota de máxima cheio deste.



Figura 40 – Ribeirão Santo Antônio em 01/09/2004 (Fonte: Google Earth Pro®).



Figura 40 - Ribeirão Santo Antônio em 01/02/2024 (Fonte: Google Earth Pro®).

5.3.2 Dados Topográficos

A forma de coleta das informações referentes a topografia está apresentada no Item 4.7 – *Bases Cartográficas e Dados Topográficos*.

Para a análise da topografia no local de implantação da obra de arte especial foram utilizados levantamentos planialtimétricos e topobatimétricos. Esses levantamentos contemplam uma área de influência que dista 100 metros à montante e a jusante, em relação ao eixo de implantação da obra, definindo assim a distância total de 200 metros para o levantamento, conforme instruções do IPR-724 – *Manual de Drenagem de Rodovias DNIT 2006*. O levantamento em planta e as seções geradas são apresentados no item 4.9.12 – *Seções Batimétricas*.

A declividade no local da travessia em estudo foi calculada através das cotas extraídas do levantamento topográfico/topobatimétrico. A cota e a altura do nível d'água também foram definidas por meio de levantamento no local, sendo a altura do nível d'água calculada através da subtração da cota do nível d'água pela cota de fundo do leito. Essas informações são apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 19 – Dados levantamento em campo

Declividade Travessia (%)	Cota Nível d'água (m)	Elevação Nível d'água (m)	Vazão (m³/s)
0,537	663,09	1,59	8,03

5.3.3 Comportamento e Histórico Hidráulico

Atualmente, na travessia objeto deste estudo sobre o leito do ribeirão Santo Antônio pela rua Pergaminho, no município de Aparecida de Goiânia/GO, há implantada uma ponte com dimensões 11,62 x 7,12 m. A área da seção da obra de arte especial existente não é suficiente para atender a vazão de projeto, podendo provocar assim represamento à montante e aumento da velocidade de escoamento à jusante, devendo ser substituída por uma obra com seção adequada a atender a vazão de projeto local.

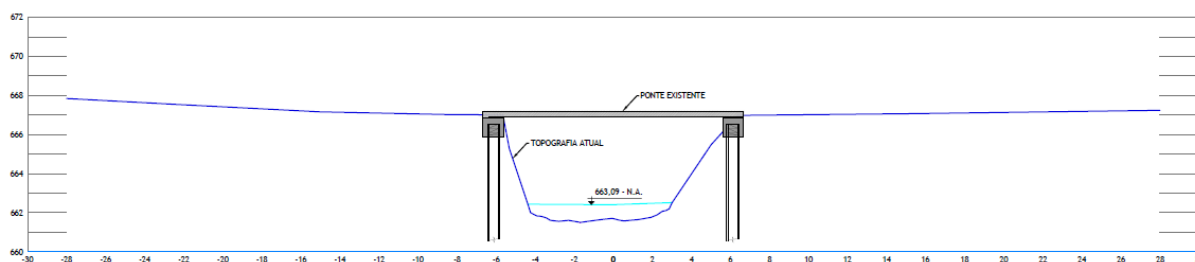


Figura 41 - Seção com ponte existente



Figura 42 – Vista aérea do ponto exutório em estudo.

O índice de urbanização da Bacia do Ribeirão Santo Antônio sofreu grande aumento nas últimas décadas, fazendo com que o coeficiente de impermeabilização do solo se elevasse consideravelmente, acarretando assim como consequência, a ineficiência da obra de arte instalada de acordo com as características atuais da bacia em questão.

5.3.4 Dimensionamento Hidráulico

O estudo tem como objetivo avaliar as condições de escoamento no local da travessia e assim definir a cota máxima de cheia para o vão da obra definida. Para tal foram obtidos:

- *Descarga de projeto, através dos estudos hidrológicos;*
- *Declividade do leito do rio, determinada entre dois pontos distantes 200 metros entre si, um a montante e um a jusante do eixo da rodovia;*
- *Levantamento das seções normais ao curso do rio no local de sua travessia pelo eixo da rodovia a montante e jusante;*
- *Fixação do coeficiente de Manning, definido após inspeção local e consulta de tabela própria disponível no IPR-724 – Manual de Drenagem de Rodovias DNIT 2006.*

Para o cálculo da capacidade hidráulica da ponte foram estudados os níveis d'água (h), correspondente a área molhada (A), o perímetro molhado (P), o raio hidráulico (Rh) e a velocidade (V), através da fórmula de Manning aliada a equação da continuidade. As fórmulas são apresentadas a seguir:

$$V = \frac{R^{2/3} \cdot i^{1/2}}{n} \quad \text{e} \quad Q = A \cdot V$$

Onde:

Q = vazão que comporta a seção (m³/s);

A = área molhada (m^2);

V = velocidade (m/s);

R_h = raio hidráulico (adimensional);

P = perímetro molhado (m);

i = declividade (m/m);

n = coeficiente de rugosidade do terreno (adimensional).

Através de levantamentos topobatimétricos se conhece a seção transversal do curso d'água no local do projeto e então é possível efetuar-se os cálculos. Tem-se que, para cada altura h do nível d'água, um valor de área molhada, de perímetro molhado, de raio hidráulico e de velocidade.

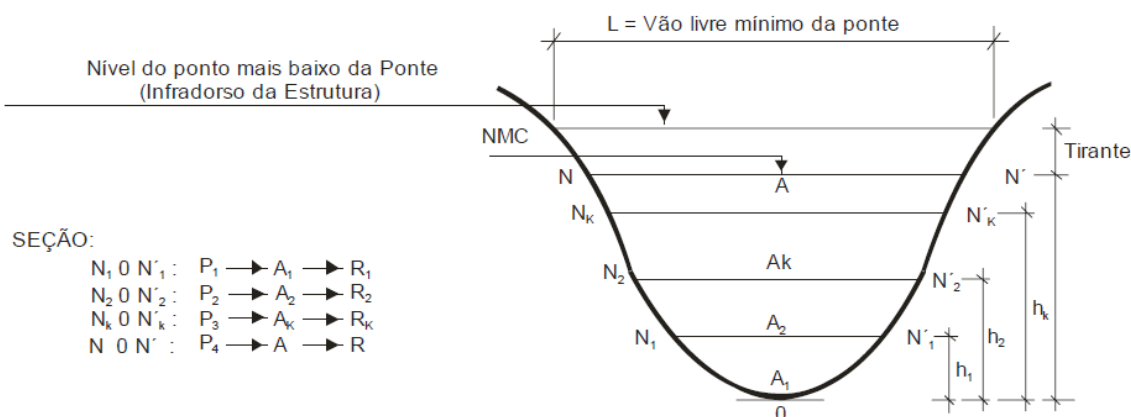


Figura 42 - Seção transversal de um rio (Fonte: Manual de Drenagem de Rodovias DNIT 2006).

Como a declividade i e o coeficiente de rugosidade n são constantes e independentes da altura do nível d'água, verifica-se que a velocidade V e a vazão Q são funções apenas de h . Variando-se então os valores de h entre os aconselháveis, traçam-se duas curvas referidas a dois eixos cartesianos: no eixo das abscissas, em duas escalas, os valores de $AR^{2/3}$ e no eixo das ordenadas os valores de h especificados.

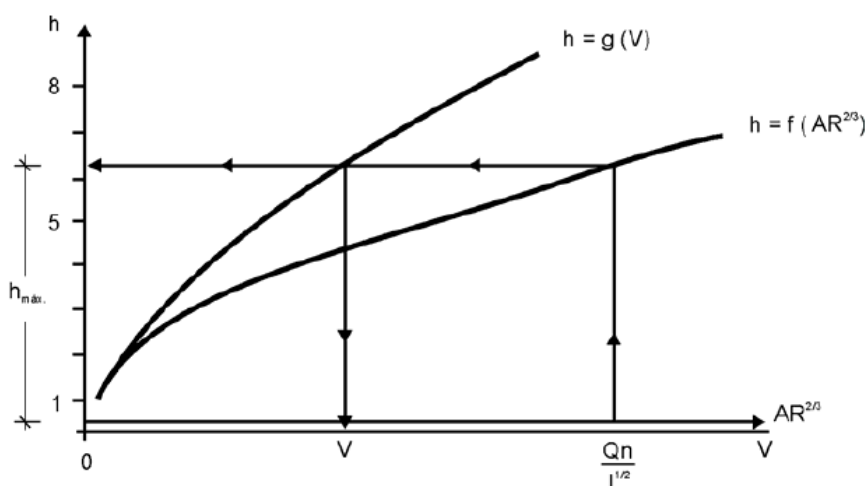


Figura 41 - Gráfico de $h = f(AR^{2/3})$ e $h = g(v)$ (Fonte: Manual de Drenagem de Rodovias DNIT 2006).

Com o valor de $Q_{máx}$ calculado obtêm-se o valor de $AR^{2/3}$ e, a partir deste obter-se-á, no eixo das ordenadas o valor de h máximo e na curva de V o valor da velocidade para a seção de cheia máxima prevista.

Nos cálculos da verificação hidráulica da ponte projetada considerou-se sempre os dados geométricos a favor da segurança. Para a área e perímetro molhados adotou-se a seção transversal normal ao NA e a seção que apresentava menor capacidade hidráulica.

5.3.5 Verificação de Curso D'água Espreados e Confinados

O ribeirão Santo Antônio, objeto do estudo, possui calha relativamente definida na área de estudo, podendo haver o seu transbordamento nos períodos de maior intensidade pluviométrica, e consequentemente maior volume de águas, onde o ribeirão pode avançar sobre as áreas lindeiras formando uma planície de inundação.

5.3.6 Influência de Remansos

Analisa-se a influência de remanso considerando duas variáveis, a influência dos pilares da ponte na seção de vazão e a planície de inundação decorrente da confluência do ribeirão Santo Antônio com o rio Meia Ponte, do qual o ribeirão é um afluente.

- *Influência dos Pilares*

Para a verificação da influência dos pilares no nível da cota de máxima cheia ponderam-se suas características geométricas, pois suas formas influenciam nos cálculos. As obras que serão implantadas no local não apresentam pilares centrais ou nas extremidades que possam influenciar no cálculo do nível d'água máximo.

- *Influência da planície de inundação do rio Crixás-Açu*

O ribeirão Santo Antônio é um afluente à margem direita do rio Meia Ponte, distando do ponto de intervenção estudado até o seu deságue no referido rio uma distância aproximada de 1 km. A distância referida permite que possa haver a ocorrência de remanso de suas águas, no ponto de estudo, em decorrência das cheias do rio Meia Ponte, tal consideração implicou em uma verificação e adequação quanto a altura livre da obra a ser implantado no local.

5.3.7 Verificação do Vão

Para a definição do vão livre da ponte considerou-se a imposição do greide da rodovia, uma vez que esta já se encontra implantada no local. Definiu-se assim o comprimento de vão livre suficiente para contemplar as especificações de máxima cheia de projeto em 28,48 m, sendo este satisfatório para atender as especificações quanto ao dimensionamento hidráulico da obra de forma que não ocorra comprometimento da estrutura por possível estrangulamento da seção do ribeirão.

5.3.8 Verificação da Velocidade

Foram verificadas as velocidades na “caixa do rio”, dentro da pesquisa de probabilidade de ocorrência de erosão nas margens e no fundo do rio.

O curso d'água apresenta velocidade de escoamento consideravelmente elevada para a vazão máxima de projeto calculada. No ponto onde haverá a implantação da obra, a velocidade máxima das águas do talvegue atinge $V = 3,72$ m/s. Esta velocidade máxima no local da obra exige cuidados especiais quanto a ocorrência de impactos causados pela ação das águas, como possíveis erosões e problemas relacionados ao transporte de materiais e sedimentos.

$$V_c = 1,11 \text{ m/s}$$

$$V_m = 3,72 \text{ m/s}$$

5.3.9 Coeficiente de Rugosidade

O coeficiente de rugosidade é um dos principais parâmetros para a determinação da vazão sobre uma superfície, é necessário definir a rugosidade do leito do arroio através da determinação do coeficiente de rugosidade de Manning (n). Estabeleceu-se sua definição para o leito natural do talvegue em $n = 0,040$, de acordo com o preconizado no IPR-724 *Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT (2006)*.

5.3.10 Número de Froude

O regime de escoamento em leitos naturais é caracterizado por apresentar superfície livre, na qual atua a pressão atmosférica, desconsiderando o gradiente hidráulico. São definidos três tipos de regime de escoamento, admitindo-se que este se encontra em regime permanente, onde as variáveis altura, vazão e velocidade são consideradas constantes no tempo e uniformes ao longo do talvegue.

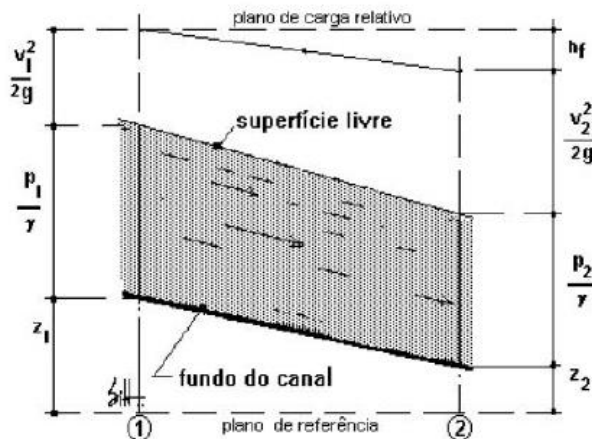


Figura 42 - Escoamento livre (Fonte: FERNANDES, Carlos. 1997).

A caracterização destes é realizada de acordo com a energia do regime de escoamento, através do cálculo do número de Froude, que representa a influência da força gravitacional no escoamento. A fórmula geral para determinação do número de Froude é apresentada a seguir.

$$F = \frac{V}{(g \cdot D_h)^{0,5}}$$

Onde:

V é a velocidade média de escoamento, em m/s;

g é a aceleração da gravidade, em m/s²;

D_h é a profundidade hidráulica, em m. É representada por , sendo:

A igual a área molhada da seção (m²) e;

T igual à largura superficial da lâmina d'água (m).

Define-se o tipo de escoamento de acordo com o número de Froude em:

F < 1 – Escoamento subcrítico;

F = 1 – Escoamento crítico;

F > 1 – Escoamento supercrítico

Os parâmetros utilizados nos cálculos são apresentados na tabela a seguir.

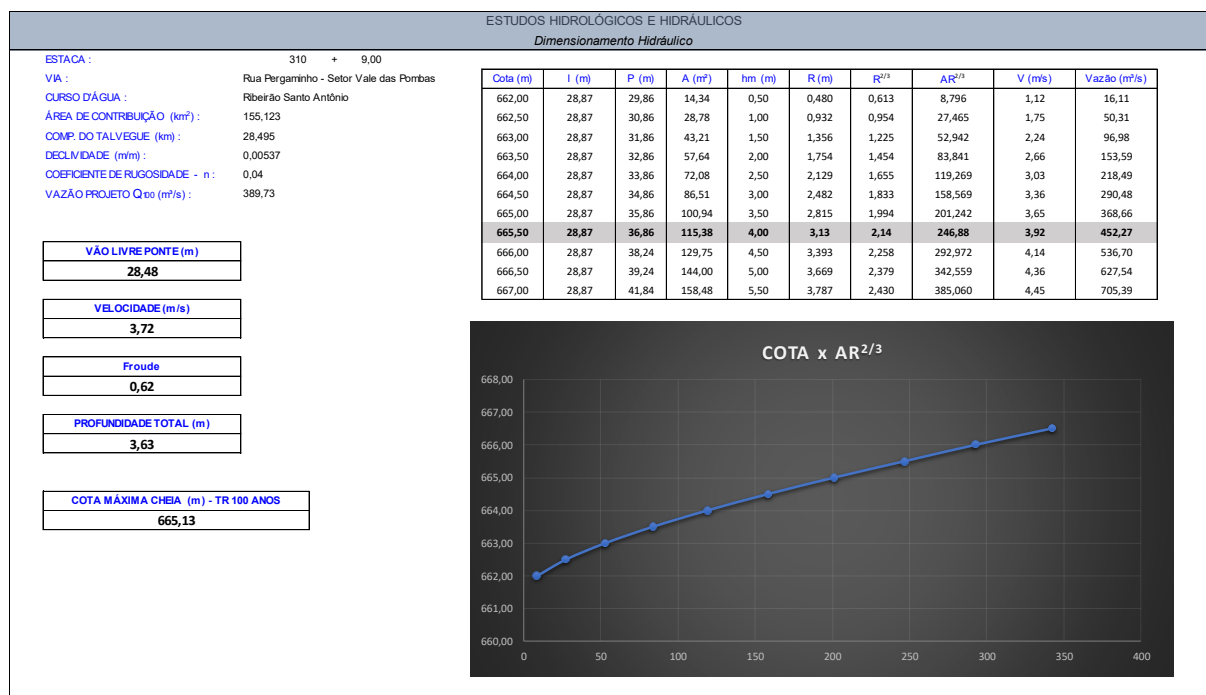
Tabela 20 - Parâmetros para cálculo do número de Froude

Parâmetros para cálculo do número de Froude	
Velocidade média da seção - V (m/s)	3,72
Aceleração da gravidade - g (m/s ²)	9,81
Profundidade hidráulica - D _h (m)	3,62

Com o número de Froude calculado chegou-se ao valor **F = 0,62**, que caracteriza o regime de escoamento do talvegue no ponto de estudo como subcrítico.

5.3.11 Resultados do Dimensionamento Hidráulico

Salienta-se que o método de dimensionamento hidráulico, assim como o hidrológico, é empírico e pode apresentar variações com a realidade do local. Porém observou-se sempre a coerência dos resultados obtidos com os dados observados em campo.



Como resultado dos cálculos hidráulicos, admite-se que o vão livre de 28,48 m definido para a ponte projetada atende de forma satisfatória à máxima cheia de projeto calculada nos estudos hidrológicos. A cota máxima de cheia para o período de recorrência TR = 100 anos é 665,13 m, não há acréscimo de altura h em decorrência da influência de remansos no nível máximo d'água, e a velocidade máxima média das águas é igual a 3,72 m/s.

Com a cota de máxima cheia calculada, define-se então o tirante livre, ou seja, a altura livre entre o nível de máxima cheia e o infradorso da estrutura.

Para a obra em questão a altura livre foi definida em 1,77 m, esta altura atende o preconizado em normativo, o tirante livre mínimo deve ser superior a 1,00 m.

A altura livre é resultado da subtração da cota inferior do infradorso, igual a 663,09 m, pela cota de cheia máxima do ribeirão Santo Antônio, igual a 665,13 m.

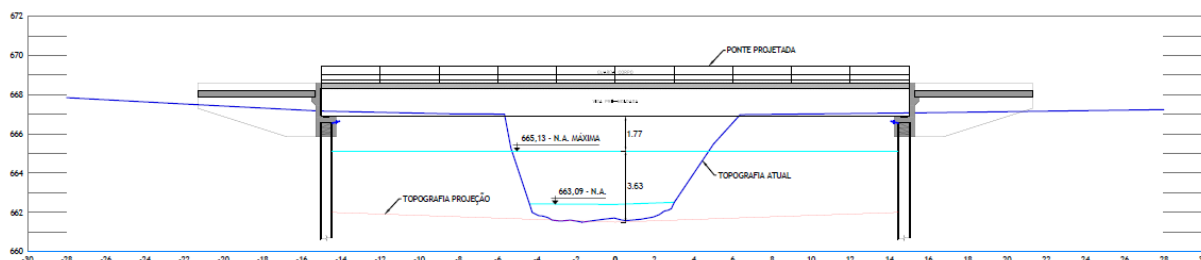


Figura 4443 - Seção transversal ponte sobre o ribeirão Santo Antônio.

5.3.12 Seções Batimétricas

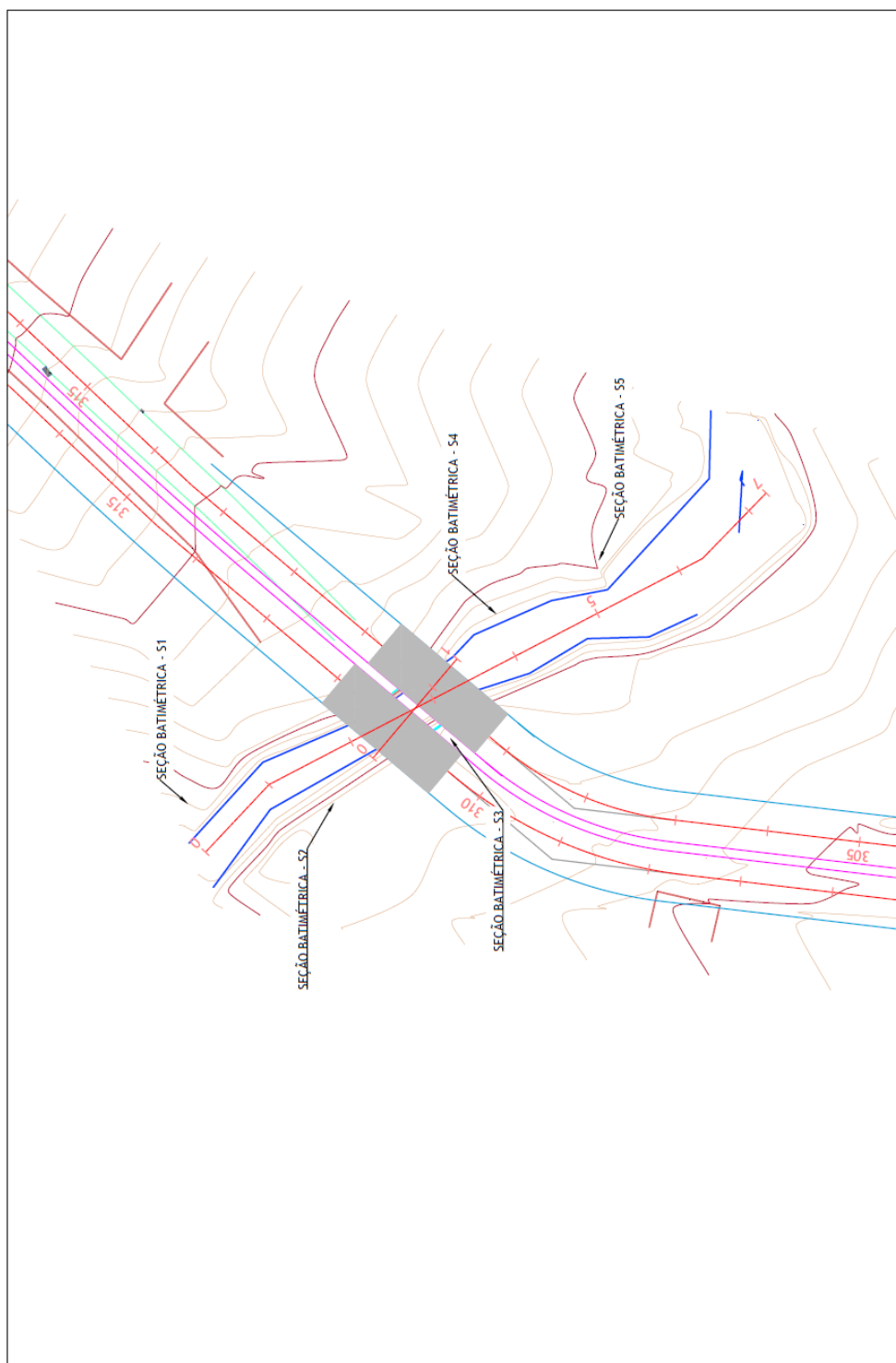


Figura 45 - Levantamento topobatimétrico/topográfico do ribeirão Santo Antônio.

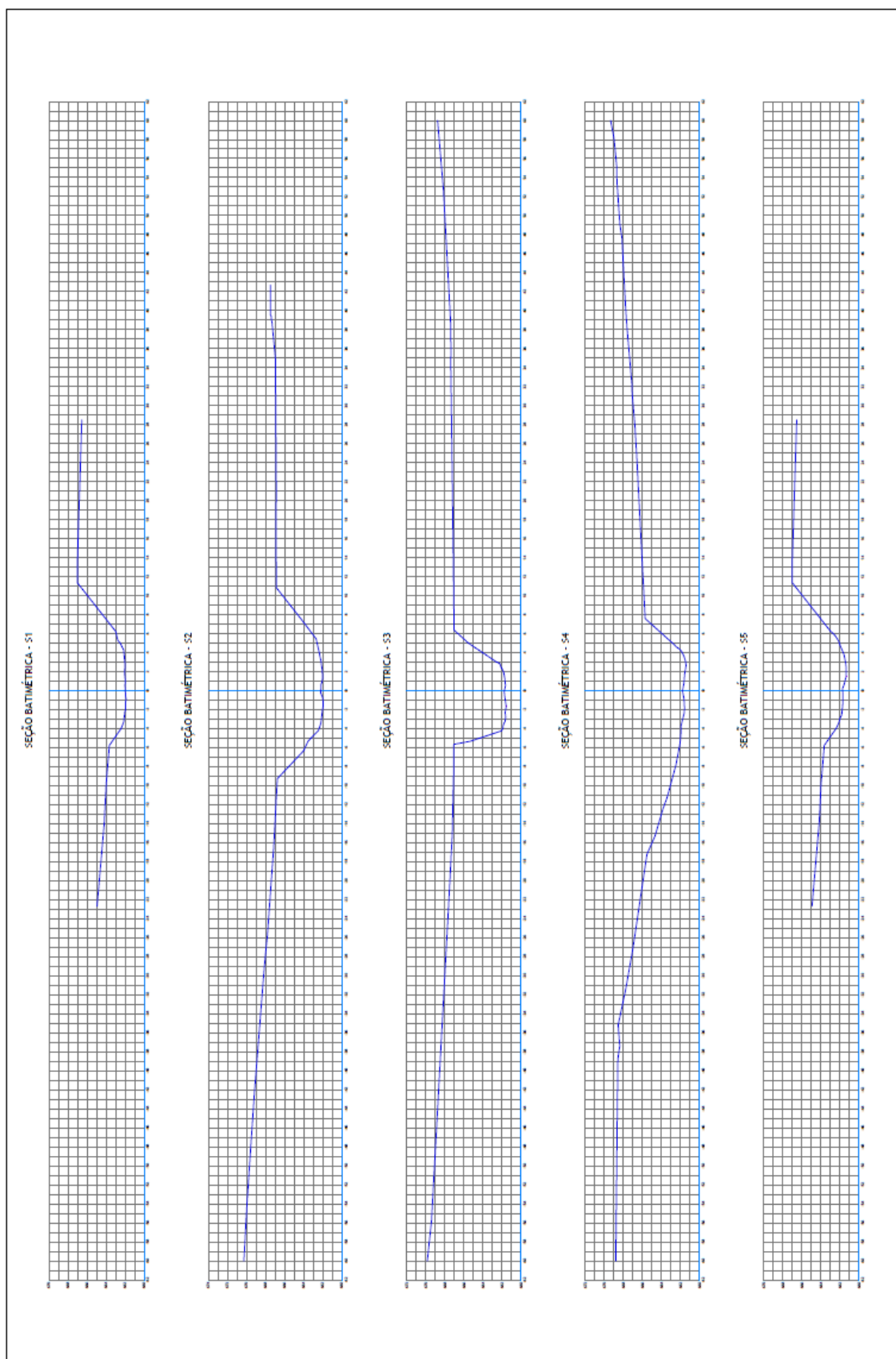


Figura 4644 - Seções topobatimétricas do ribeirão Santo Antônio.

5.3.13 Mapa da bacia hidrográfica

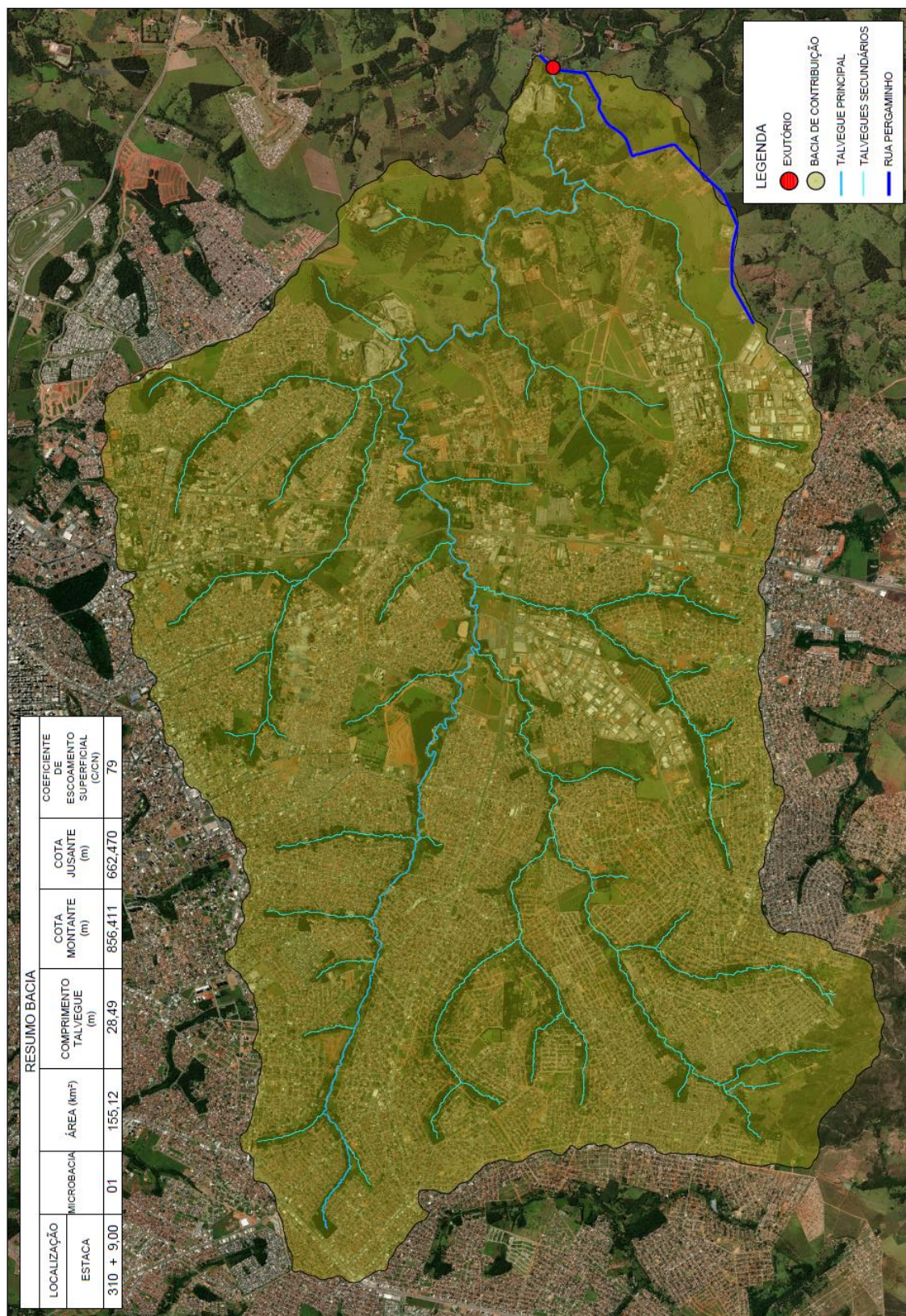


Figura 4745 - Mapa das Bacias - Bacia ribeirão Santo Antônio com imagem.

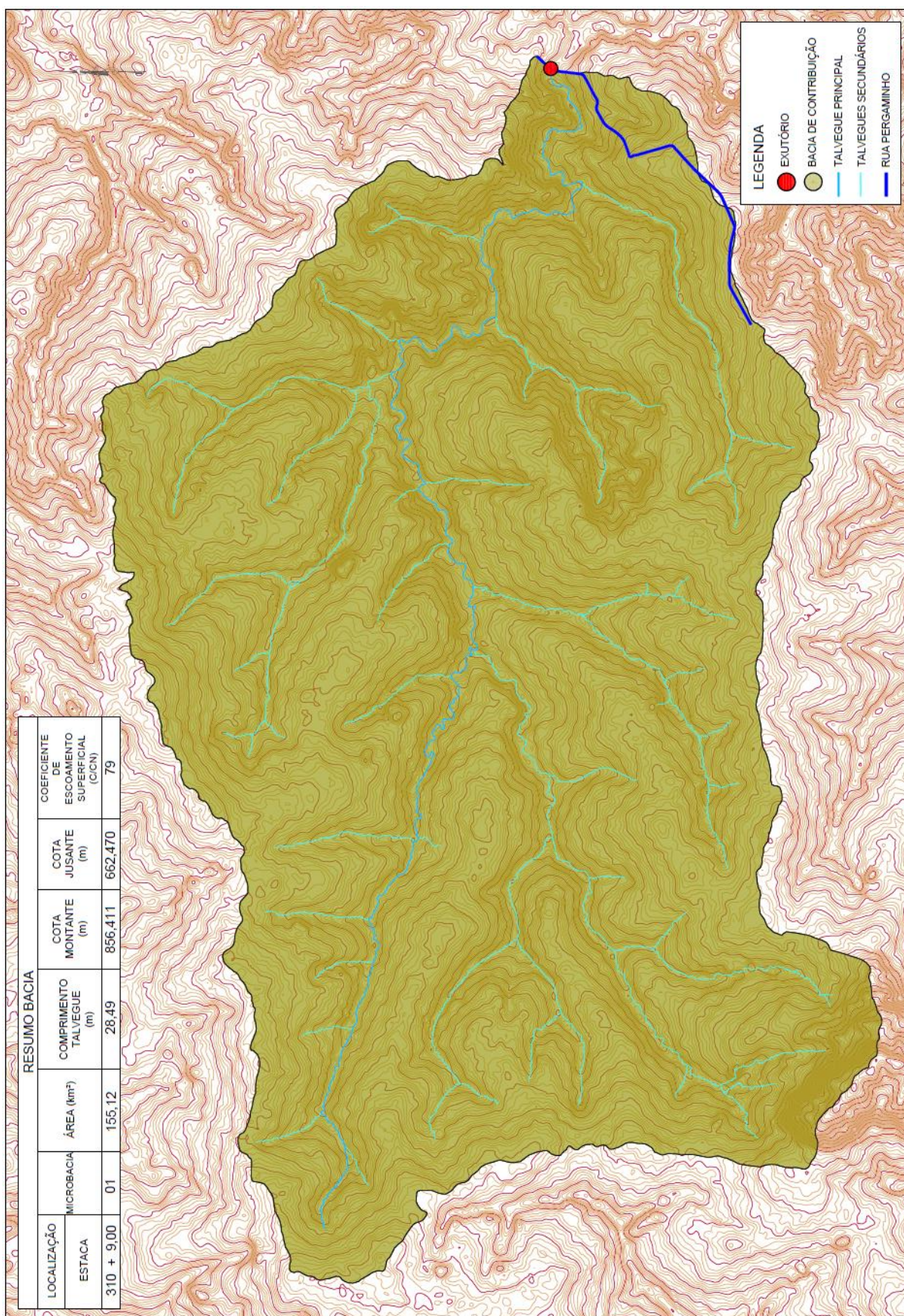


Figura 4846 - Mapa das Bacias – Bacia ribeirão Santo Antônio com curvas de nível.

6 PROJETO GEOMÉTRICO

Para a elaboração do Projeto Geométrico foram tomados como elementos básicos os resultados dos Estudos Hidrológicos, Topográficos e Geotécnicos, sendo aplicadas as orientações contidas nas seguintes publicações do DNIT:

- *Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais - DNER/IPR-706-1999*
- *IP_08_2018_001_GOINFRA_Projeto Geométrico*
- *Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários - Instruções para Apresentação de Relatórios - DNIT/IPR-727-2006*
- *Manual de Projetos de Interseções do DNIT*
- *Termos de Referência Contrato 175/2021 - GOINFRA*

6.1 DESCRIÇÃO DO PROJETO

A ligação viária até a avenida das Orquídeas (Estrada Velha de Bela Vista) proposta inicia-se na interseção das vias Alameda Antônio Elias de Deus, Avenida Sebastião Lemes Viana e Avenida Copacabana e termina na avenida Orquídea (Estrada Velha de Bela Vista), no bairro Vale das Pombas e terá cerca de 6.500 metros.

A avenida Copacabana encontra-se implantada em pista simples entre a interseção com a avenida Sebastião Lemes Viana e o cemitério municipal de Aparecida de Goiânia.

O projeto de duplicação da Avenida Copacabana via terá seu início a 2.680 metros da interseção das vias Alameda Antônio Elias de Deus, Avenida Sebastião Lemes Viana e Avenida Copacabana. Por esta razão, considerou-se que o estaqueamento do trecho irá iniciar na estaca 134+0,000.

O local para início da duplicação em projeto foi indicado pela prefeitura de Aparecida de Goiânia onde haverá o acesso a um novo polo indústria da cidade, chamado DIANOT. A duplicação da avenida Copacabana no segmento anterior, ou seja, entre a avenida Sebastião Lemes Viana e o acesso ao loteamento será contemplada no projeto deste polo, não fazendo parte do projeto apresentado neste relatório.

Entre o futuro acesso ao DIANOT e a chegada ao cemitério municipal de Aparecida de Goiânia o projeto contempla a duplicação da avenida Copacabana. Após este local há uma pista simples não pavimentada. A proposta do projeto considera a implantação de uma via em pista dupla até a chegada na avenida das Orquídeas (Estrada Velha para Bela Vista).

Para o projeto geométrico foram definidos dois eixos de locação:

- *Eixo 01 LE: contempla a pista esquerda entre as estacas 134+0,000 a 326+5,00;*
- *Eixo 02 LD: contempla a pista do lado direito entre as estacas 165+0,000 a 325+5,00;*



Figura 47: Imagem do início do trecho

A proposta de duplicação considera a implantação da nova pista no lado esquerdo da via existente. Este lado foi escolhido por ser possível a implantação da nova via sem necessidade de desapropriação de áreas lindeiras. Haverá, entretanto, a necessidade de relocação de alguns postes de energia elétrica. O cadastro destes elementos está demonstrado no Projeto de Obras Complementares.

O projeto considerou a implantação de uma via de 8,5 m de largura com um passeio lateral no lado esquerdo. A separação da nova pista da existente será feita por meio de um canteiro central de quatro metros de largura, o qual abrigará uma ciclovia de 2 metros de seção com dois sentidos de tráfego. Foi projeto um passeio lateral no lado direito da pista existente. A figura seguinte ilustra esta solução.

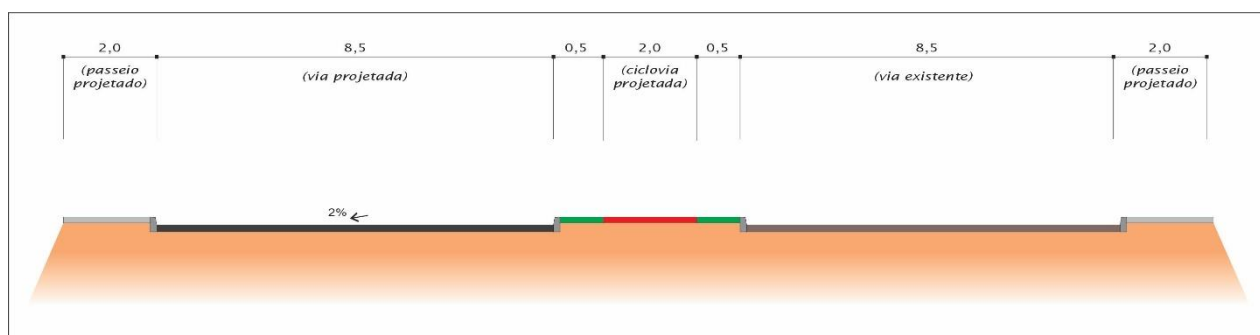


Figura 48: Seção transversal estacas 134+0,000 a 166+0,000

Após o Cemitério Municipal termina o trecho de via pavimentada. A partir deste local até a travessia do ribeirão Santo Antônio a via existente está implantada em leito natural.

Este trecho apresenta características rurais com várias chácaras em seu desenvolvimento. Para este segmento foi planejada a implantação de duas vias de 8,5 m de largura com passeio lateral apenas no lado externo das vias. A separação viária será feita por meio de um canteiro central de 3 metros de largura que abrigará uma ciclovia de 2 metros de largura.

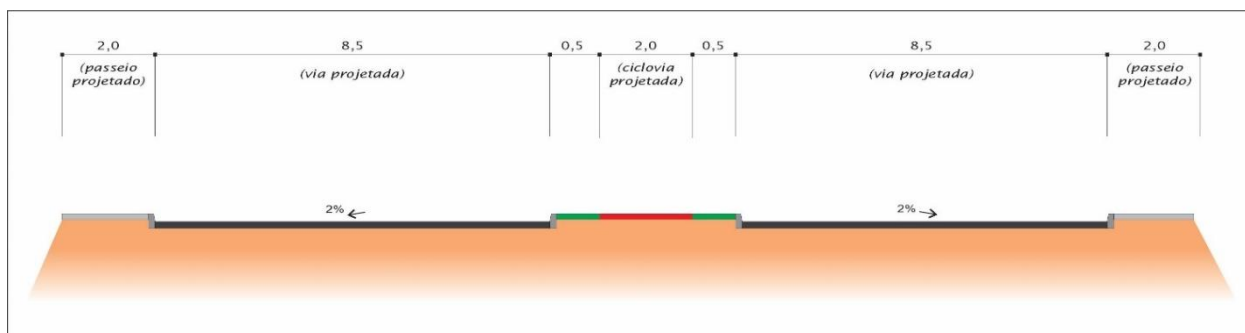


Figura 49: Seção transversal trecho rural

Após a travessia do ribeirão Santo Antônio, que será feita por duas pontes de concreto com 30 metros de extensão, a via do lado direito se encontra com uma pista pavimentada que será mantida com sua seção atual. O final do trecho é na interseção com a avenida das Orquídeas.

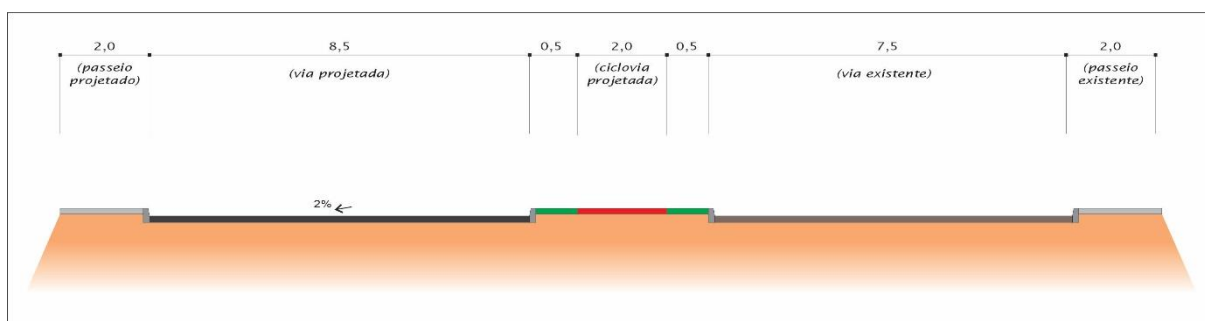


Figura 50: Seção transversal após ribeirão Santo Antônio

As pontes projetadas para a travessia do ribeirão Santo Antônio terão 30 metros de extensão e seção transversal de 10,90 metros. Entre as obras será implantada uma passarela com a finalidade de permitir a continuação da ciclovía projetada.

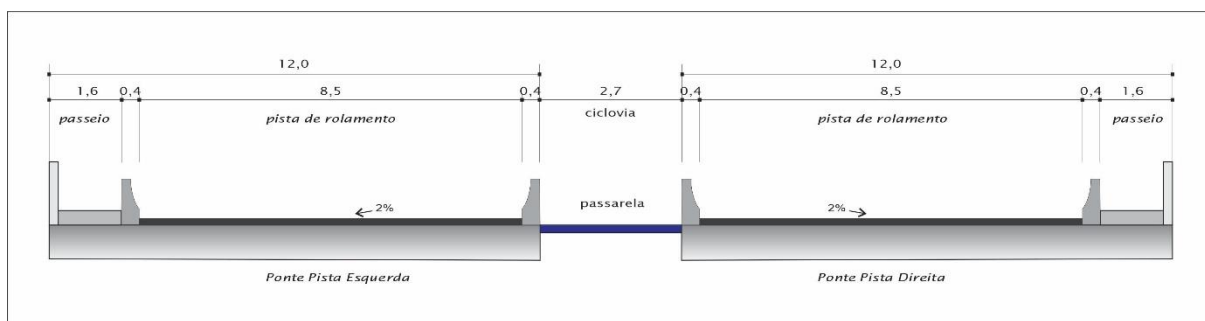


Figura 51: Seção transversal das pontes

6.1.1 Notas de Serviço

Para cada uma das vias projetadas foram elaboradas notas de serviço de terraplenagem e de pavimentação. Este material é apresentado no Volume 3A – Notas de Serviço e Cálculos de Volumes de Terraplenagem.

São apresentadas para cada estaca de projeto as suas coordenadas geométricas, as cotas de projeto e de terreno natural do eixo de locação. Para os bordos, além das cotas altimétricas de projeto, também são apresentadas as respectivas distâncias em relação ao eixo de projeto. Da mesma forma são representadas as cotas e distâncias em relação ao eixo dos offsets de cada estaca de projeto.

7 PROJETO DE TERRAPLENAGEM

Para a elaboração do Projeto de Terraplenagem foram tomados como elementos básicos os resultados dos Estudos Geotécnicos e do Projeto Geométrico, sendo aplicadas as orientações contidas nas seguintes normas técnicas para obras rodoviárias:

- GOINFRA – ES-T 001/2019: Terraplenagem – Especificação de Serviço – Serviços Preliminares;
- GOINFRA – ES-T 002/2019: Terraplenagem – Especificação de Serviço – Caminhos de Serviço;
- GOINFRA – ES-T 003/2019: Terraplenagem – Especificação de Serviço – Cortes;
- GOINFRA – ES-T 004/2019: Terraplenagem – Especificação de Serviço – Empréstimos;
- GOINFRA – ES-T 005/2019: Terraplenagem – Especificação de Serviço – Aterros.

7.1 ELABORAÇÃO DO PROJETO DE TERRAPLENAGEM

O projeto de terraplenagem compreendeu as seguintes etapas principais:

- Cálculo das áreas de desmatamento, destocamento e limpeza: com base nos elementos de locação constantes das notas de serviço, as áreas de limpeza serão definidas e delimitadas pela equipe de topografia. Deverá ser executada a retirada da camada vegetal, de vegetações que estejam obstruindo os trabalhos, entulhos e lixos.;
- Definição da seção transversal tipo de terraplenagem;
- Cálculo dos volumes de terraplenagem: Para a obtenção dos volumes de terraplenagem, foi calculada a área de cada uma das seções situadas de 20 em 20 metros, fazendo-se a cubação, que é o cálculo do movimento da terra. Desse modo, calculou-se as áreas de corte e aterro em cada seção transversal relativa a uma estaca da rodovia projetada, determinando-se consequentemente os respectivos volumes de corte e aterro, bem como os volumes acumulados.
- Compactação: Para as camadas finais dos aterros (1,0 m superior), deverão ser utilizados materiais de 1ª categoria que apresentem $ISC \geq 8,0\%$ e expansão $< 2,0\%$, compactados na energia 100% Proctor Intermediário;
- Compensação lateral: admite-se que parte do material obtido nas atividades de corte possam ser reaproveitados na regularização da plataforma de terraplenagem, desde que apresentem $ISC \geq 8,0\%$ e expansão $< 2,0\%$.
- Bota-fora: o material excedente das escavações deverá ser depositado no Aterro Sanitário de Aparecida de Goiânia. A critério da fiscalização, caso o material escavado apresente condições técnicas favoráveis, o mesmo poderá ser reaproveitado para as atividades de pavimentação.

7.2 SEÇÃO TRANSVERSAL TIPO

Entre as estacas 134+0,000 a 166+0,000 a seção transversal tipo da Pista Esquerda foi definida como sendo a seção acabada da pavimentação mais passeio lateral e ciclovia, totalizando 13,0 metros. O talude de corte é de V:H=1:3. O talude dos aterros é de V:H=1:1,5.

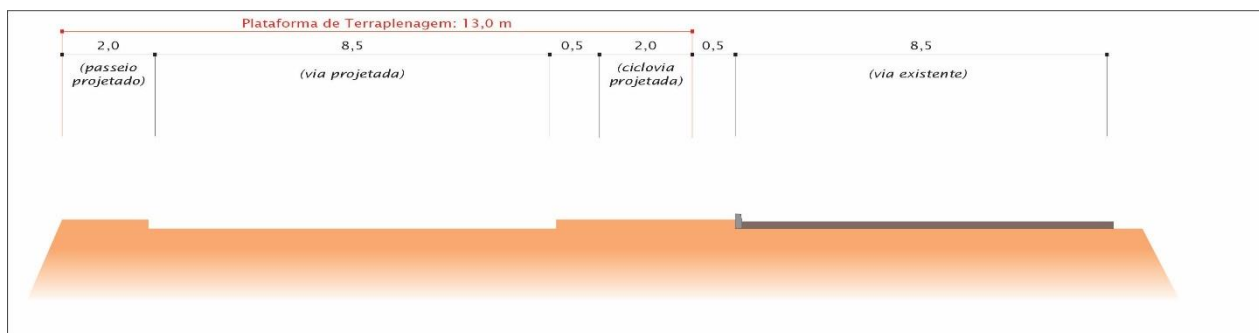


Figura 52: Seção transversal de terraplenagem pista esquerda - estacas 134+0,000 a 166+0,000

No trecho entre as estacas 166+0,000 a 326+0,000 haverá a implantação de uma via em pista dupla, ficando assim a seção de terraplenagem:

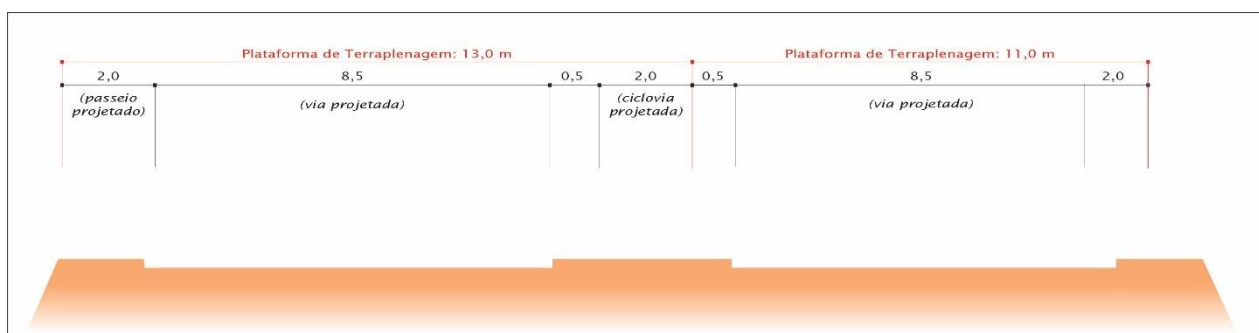


Figura 53: Seção transversal de terraplenagem pista esquerda - 166+0,000 a 326+0,000

7.3 CÁLCULO DOS VOLUMES E DIAGRAMA DE MASSAS

Para a obtenção dos volumes de terraplenagem, foi calculada a área de cada uma das seções situadas de 20 em 20 metros, fazendo-se a cubação, que é o cálculo do movimento da terra. Desse modo, calculou-se as áreas de corte e aterro em cada seção transversal relativa a uma estaca da rodovia projetada, determinando-se consequentemente os respectivos volumes de corte e aterro, bem como os volumes acumulados.

Os volumes foram calculados pelo método da semissoma das áreas de corte e aterro em cada par de seções transversais relativas a duas estacas sucessivas do projeto, correspondendo ao volume geométrico do interperfil, de acordo a fórmula abaixo:

$$V_i = d \times (S_{i-1} + S_i) / 2$$

Onde: V_i = Volume do interperfil;

d = Distância entre as seções;

$(S_{i-1} + S_i)$ = Soma das áreas do par de seções consecutivas.

A ficha de cubação fornece os volumes dos interperfis e o volume acumulado em determinado segmento, bem como possibilita a análise dos movimentos de terraplenagem.

A análise da terraplenagem foi realizada com auxílio do diagrama de massas (diagrama de Brückner).

7.4 CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS DA TERRAPLENAGEM

A especificação de serviço DNIT 106/2009-ES: Terraplenagem – Cortes define três categorias de materiais com relação à dificuldade extrativa, a saber:

Materiais de 1ª Categoria: são constituídos por solos em geral, de origem residual ou sedimentar, seixos rolados ou não, com diâmetro máximo inferior a 15 cm, independentemente do teor de umidade apresentado;

Materiais de 2ª Categoria: compreendem aqueles materiais com resistência ao desmonte mecânico inferior à da rocha sã, cuja extração se torne possível somente com a combinação de métodos que obriguem a utilização de equipamento escarificador pesado. A extração poderá envolver, eventualmente, o uso de explosivos ou processos manuais adequados. Consideram-se como inclusos nesta categoria os blocos de rocha de volume inferior a 2 m³ e os matacões ou blocos de diâmetro médio compreendido entre 15 cm e 1 m;

Materiais de 3ª Categoria: correspondem a aqueles materiais com resistência ao desmonte mecânico equivalente à da rocha sã e blocos de rocha que apresentem diâmetro médio superior a 1 m ou volume superior a 2 m³, cuja extração e redução, a fim de possibilitar o carregamento, se processem somente com o emprego contínuo de explosivos.

Para o trecho em projeto só foram observados materiais de 1ª categoria.

7.4.1 Ajuste de volumes

A escavação de um dado volume geométrico de solo, medido em seu estado natural, resultará num volume maior de material, no estado solto. A este aumento do volume geométrico, que resulta da ruptura da estrutura interna original do solo, em decorrência da escavação, se denomina genericamente empolamento do solo.

É recomendado que nos estudos de compensação de volumes de terraplenagem seja efetuada a correção dos volumes de aterros, visando a obtenção do denominado volume empolado de aterro, que representa o volume de escavação necessário à obtenção de dado volume de aterro compactado (DNER, 1974, v.3, cap. 11, p.16).

O volume empolado do aterro pode ser obtido multiplicando-se o volume geométrico de aterro compactado pelo fator de empolamento.

Alguns aspectos adicionais de ordem prática devem ser levados em consideração na compensação dos volumes de terraplenagem para minimizar o cometimento de erros na quantificação dos volumes envolvidos, entre os quais citam-se:

- ✓ As perdas de materiais devidas ao processo de execução dos serviços mecanizados de escavação, carga, transporte e descarga;
- ✓ Os acréscimos de volumes que decorrem das imperfeições naturais na configuração dos cortes e/ou dos aterros em relação às seções teóricas de projeto, mesmo quando observadas as tolerâncias especificadas;
- ✓ Os volumes adicionais necessários para compensar as quantidades de materiais superficiais que acabam sendo retiradas por ocasião da realização de serviços de limpeza.

Considerando todos os aspectos acima, foi determinado o fator de homogeneização de 1,30 a ser utilizado no projeto de terraplenagem.

7.5 REBAIXOS DE SUBLEITO

Deverá ser executado o rebaixamento do subleito nos locais onde forem necessários aterros com altura inferior a 60 cm, de modo a garantir que sejam executadas pelo menos 3 camadas de 20 cm cada, devidamente compactadas na energia 100% Proctor Normal, abaixo do greide de terraplenagem.

A título de exemplo, consideremos um aterro com altura de 40 cm. Antes da execução deste aterro, deverá ser feito um rebaixo de 20 cm no subleito existente, obtendo-se assim a altura mínima de 60 cm para a devida compactação do aterro em 3 camadas de 20 cm, na energia 100% Proctor Normal.

A seguir são apresentados os locais onde deverão ser executados os rebaixos de subleito:

REBAIXOS EM ATERROS COM ALTURA MENOR QUE 60 CM							
REBAIXO	PISTA	ESTACA		EXTENSÃO (m)	LARGURA (m)	ESPESSURA (m)	VOLUME (m³)
		INICIAL	FINAL				
REB-01	Eixo 01 LE	202	203	20,00	13,00	variável	126,10
REB-02	Eixo 01 LE	211	223	240,00	13,00	variável	822,38
REB-03	Eixo 01 LE	229	232	60,00	13,00	variável	220,48
REB-04	Eixo 01 LE	239	242	60,00	13,00	variável	195,26
REB-05	Eixo 01 LE	246	248	40,00	13,00	variável	192,92
REB-06	Eixo 01 LE	263	267	80,00	13,00	variável	329,68
REB-07	Eixo 01 LE	272	282	200,00	13,00	variável	971,62
REB-08	Eixo 01 LE	289	307	360,00	13,00	variável	1.428,18
REB-09	Eixo 01 LE	312	313	20,00	13,00	variável	111,28
REB-10	Eixo 02 LD	171	173	40,00	10,50	variável	190,26
REB-11	Eixo 02 LD	176	189	260,00	10,50	variável	1.277,22
REB-12	Eixo 02 LD	196	198	40,00	10,50	variável	241,92
REB-13	Eixo 02 LD	203	206	60,00	10,50	variável	311,43
REB-14	Eixo 02 LD	208	209	20,00	10,50	variável	53,97
REB-15	Eixo 02 LD	231	234	60,00	10,50	variável	107,10
REB-16	Eixo 02 LD	248	249	20,00	10,50	variável	75,39
REB-17	Eixo 02 LD	253	259	120,00	10,50	variável	245,70
REB-18	Eixo 02 LD	298	299	20,00	10,50	variável	106,26
REB-19	Eixo 02 LD	303	306	60,00	10,50	variável	164,85

7.6 REBAIXOS DE CORTE

Deverá ser executado o rebaixamento de 40 cm nos trechos em cortes, de modo a garantir que sejam executadas pelo menos 2 camadas de 20 cm cada, devidamente compactadas na energia 100% Proctor Normal, abaixo do greide de terraplenagem.

A seguir são apresentados os locais onde deverão ser executados os rebaixos de cortes:

REBAIXOS EM CORTES							
REBAIXO	PISTA	ESTACA		EXTENSÃO (m)	LARGURA (m)	ESPESSURA (m)	VOLUME (m³)
		INICIAL	FINAL				
REC-01	Eixo 01 LE	138	139	20,00	13,00	0,40	104,00
REC-02	Eixo 01 LE	142	158	320,00	13,00	0,40	1.664,00
REC-03	Eixo 01 LE	161	167	120,00	13,00	0,40	624,00
REC-04	Eixo 01 LE	170	171	20,00	13,00	0,40	104,00
REC-05	Eixo 01 LE	188	200	240,00	13,00	0,40	1.248,00
REC-06	Eixo 01 LE	206	210	80,00	13,00	0,40	416,00
REC-07	Eixo 01 LE	225	228	60,00	13,00	0,40	312,00
REC-08	Eixo 01 LE	244	246	40,00	13,00	0,40	208,00
REC-09	Eixo 01 LE	271	272	20,00	13,00	0,40	104,00
REC-10	Eixo 01 LE	283	286	60,00	13,00	0,40	312,00
REC-11	Eixo 01 LE	315	326	220,00	13,00	0,40	1.144,00
REC-12	Eixo 02 LD	166	171	100,00	10,50	0,40	420,00
REC-13	Eixo 02 LD	192	196	80,00	10,50	0,40	336,00
REC-14	Eixo 02 LD	200	202	40,00	10,50	0,40	168,00
REC-15	Eixo 02 LD	211	218	140,00	10,50	0,40	588,00
REC-16	Eixo 02 LD	222	226	80,00	10,50	0,40	336,00
REC-17	Eixo 02 LD	237	248	220,00	10,50	0,40	924,00
REC-18	Eixo 02 LD	263	297	680,00	10,50	0,40	2.856,00
REC-19	Eixo 02 LD	313	314	20,00	10,50	0,40	84,00
REC-20	Eixo 02 LD	317	319	40,00	10,50	0,40	168,00
REC-21	Eixo 02 LD	322	325	60,00	10,50	0,40	252,00

7.7 DETERMINAÇÃO DAS DISTÂNCIAS DE TRANSPORTE

A distância de transporte foi calculada em projeção horizontal ao longo do eixo, entre os centros de gravidade das massas, tanto para cortes, como para empréstimos e bota-foras.

Na compensação dos volumes foi considerado, sempre que possível, o transporte dos materiais no sentido descendente.

7.8 ORIENTAÇÕES DE TERRAPLENAGEM

O quadro de orientações de terraplenagem contempla as seguintes informações:

- Listagem dos segmentos de terraplenagem, delimitados pelas suas estacas iniciais e finais;
- Procedência do material escavado, com indicação das estacas inicial e final, bem como o volume escavado (classificado em 1ª, 2ª ou 3ª categoria ou em solo mole), distância de transporte e o momento de transporte da operação de terraplenagem;
- Destino do material escavado, com indicação das estacas inicial e final, identificando a finalidade do material transportado na operação de terraplenagem.

Para melhor visualização das orientações de terraplenagem apresentadas, foram elaborados fluxogramas da distribuição de massas a ser feita, onde estão representados graficamente os materiais a serem escavados e transportados nas atividades de terraplenagem.

7.8.1 Instruções para Confecção dos Aterros

Para a confecção dos aterros, foram indicados os materiais provenientes dos cortes e dos empréstimos laterais, bem como os materiais escavados nos rebaixos de subleito. Todas as camadas deverão ser convenientemente compactadas segundo as orientações abaixo:

- Para o corpo dos aterros (abaixo de 1,0 m), deverão ser utilizados materiais de 1ª categoria que apresentem $ISC \geq 2\%$ e expansão $\leq 4\%$, compactados na umidade ótima, até se obter a massa específica aparente seca correspondente a 95% da massa específica aparente máxima seca, obtida utilizando-se a energia 95% Proctor Normal do ensaio DNIT-ME 162/2013;
- Para as camadas finais dos aterros (abaixo de 20 cm e acima de 1,0 m), deverão ser utilizados materiais de 1ª categoria que apresentem $ISC \geq 2\%$ e expansão $< 2\%$, na umidade ótima, até se obter a massa específica aparente seca correspondente a 100% da massa específica aparente máxima seca, obtida utilizando-se a energia 100% Proctor Normal do ensaio DNIT-ME 162/2013;
- Para a camada de regularização do subleito (20 cm superiores), deverão ser utilizados materiais de 1ª categoria que apresentem $ISC \geq ISC$ de projeto e expansão $< 2\%$, na umidade ótima, até se obter a massa específica aparente seca correspondente a 100% da massa específica aparente máxima seca, obtida utilizando-se a energia 100% Proctor Intermediário do ensaio DNIT-ME 162/2013.

7.9 RESUMO DOS CÁLCULOS DE VOLUMES DE TERRAPLENAGEM

Apresenta-se a seguir o resumo dos volumes de terraplenagem para a execução de cada uma das pistas em projeto.

Eixo	Volume acumulado (m³)				
	Volume de Corte (m³)	Volume de Aterro Compactado (m³)	Volume de Aterro Empolado (m³)	Volume de Empréstimo (m³)	Volume de Bota Fora (m³)
Eixo 01 LE	7.940,75	19.552,72	25.418,54	17.477,79	-
Eixo 02 LD	13.058,98	10.431,48	13.560,92	501,94	-
TOTAL	20.999,73	29.984,20	38.979,46	17.979,73	-

7.9.1 Planilhas de Cálculo de Volumes

As planilhas de cálculos de volumes de cada uma das vias projetadas são apresentadas no Volume 3A – Notas de Serviço e Cálculos de Volumes de Terraplenagem.

Nestas planilhas são apresentadas as áreas de corte e aterro e os respectivos volumes geométricos para cada estaca de projeto. Também são apresentados os volumes acumulados de corte e aterro.

7.10 QUADRO RESUMO DE TERRAPLENAGEM INTEGRAL

De acordo com os resultados obtidos, nota-se a necessidade de importação de material para a execução do aterro. A pequena parcela de volume correspondente a corte poderá ser reutilizada no corpo do aterro. Assim, os volumes de terraplenagem são discriminados da seguinte forma:

DESCRIÇÃO	VOLUMES (m³)				D.M.T. (km)	VOLUMES TOTAIS (m³)
	1ª CATEGORIA	2ª CATEGORIA	3ª CATEGORIA	SOLO MOLE		
VOLUME TOTAL ESCAVADO	60.661	-	-	-	5,02	60.661
VOLUME MÉDIO ESCAVADO POR KM <i>Extensão total do trecho = 3,84 km</i>	-	-	-	-	-	15.797
VOLUME DE CORTE	15.022	-	-	-	0,42	15.022
VOLUME DE COMPENSAÇÃO LATERAL	5.978	-	-	-	0,02	5.978
VOLUME DE EMPRÉSTIMO	20.117	-	-	-	14,72	20.117
VOLUME DE REBAIXO DE SUBLEITO	7.172	-	-	-	0,19	7.172
VOLUME DE REBAIXO DE CORTES	12.372	-	-	-	0,02	12.372
VOLUME DE BOTA-FORA	0	-	-	-	-	0

			Compactação	
Parâmetros geotécnicos para seleção dos materiais	ISC	Expansão	Item	Volume (m³)
Material não adequado para a terraplenagem: deverá, necessariamente, ser destinado para bota-fora	< 2%	> 4%	VOLUME TOTAL COMPACTADO <i>Fator de compactação = 1,30</i>	34.723
Material não adequado para o subleito: deverá ser realizada a substituição por material proveniente dos empréstimos	< 2%	≥ 2%	VOLUME COMPACTADO A 100% P.N. <i>Regularização de Subleito (h = 0,20 m)</i>	14.805
			VOLUME COMPACTADO A 100% P.N. <i>Camadas finais do aterro (0,20 < h ≤ 1,00 m)</i>	9.491
Material satisfatório para utilização no corpo dos aterros	≥ 2%	≤ 4%	VOLUME COMPACTADO A 100% P.N. <i>Reaterro de subleito (aterros com h < 0,60 m)</i>	7.172
Material satisfatório para utilização como subleito	≥ 2%	< 2%	VOLUME COMPACTADO A 100% P.N. <i>Compactação de cortes (0 < h ≤ 0,40 m)</i>	12.372
Material indicado para utilização nas camadas finais dos aterros e para o acabamento dos cortes	≥ 2%	< 2%	VOLUME COMPACTADO A 95% P.N. <i>Corpo do aterro (h > 1,00 m)</i>	5.689

7.11 PLANO DE RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS DE EMPRÉSTIMO

Os empréstimos explorados para os serviços de terraplenagem deverão ser recompostos com os materiais provenientes de desmatamento, destocamento e limpeza da faixa de domínio, bem como os materiais provenientes dos rebaixos de subleito, em conformidade com a sistemática abaixo:



2 . ENCAMINHAMENTO DA DRENAGEM
ESCARIFICAÇÃO
ESPALHAMENTO DA CAMADA FÉRTIL (EXPURGO)



3 . REVEGETAÇÃO



8 PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

Para o dimensionamento da estrutura do pavimento foram utilizadas metodologias oficiais e de conhecimento público, sendo estes os seguintes métodos:

- Método do DNER/79 (Engº Murilo Lopes de Souza)
- Método da Resiliência – TECNAPAV/94 (Engº Ernesto S. Preussler e Salomão Pinto)
- IP- 05/2004 - Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis Tráfego Meio Pesado, Pesado, Muito Pesado e Faixa Exclusiva de Ônibus

8.1 CARACTERIZAÇÃO DO TRÁFEGO ATUANTE

A ação do tráfego sobre o pavimento é expressa pelo número de repetições do eixo-padrão de 8,2 toneladas, de acordo com as metodologias do Corpo de Engenheiros (USACE, 1962) e da AASHTO (1993).

Por ser uma ligação totalmente nova, não há uma previsão clara do volume de tráfego que utilizará a via. Entretanto, devido a carência de ligação viárias na região, é de se esperar um volume de tráfego razoável.

O dimensionamento da estrutura de pavimento foi feito adotando as premissas apresentadas na seguinte publicação da prefeitura do município de São Paulo-SP.

- IP- 05/2004 - Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis Tráfego Meio Pesado, Pesado, Muito Pesado e Faixa Exclusiva de Ônibus

O tráfego de projeto foi definido de acordo com o quadro 5.1 da publicação citada, sendo o mesmo apresentado a seguir:

FUNÇÃO PREDOMINANTE	TRÁFEGO PREVISTO	VIDA DE PROJETOS (ANOS)	VOLUME INICIAL DA FAIXA MAIS CARREGADO		EQUIVALENTE POR VEICULO COMERCIAL	N	N característico
			VEICULO LEVE	CAMINHÕES E ÔNIBUS			
Vias Coletoras e Estruturais	Meio Pesado	10	1.501 a 5.000	101 a 300	2.30	1,4 x 10 ⁶ a 3,1 x 10 ⁶	2 x 10 ⁶
	Pesado	12	5.001 a 10.000	301 a 1.000	5.90	1,0 x 10 ⁷ a 1,4 x 10 ⁷	2 x 10 ⁷
	Muito Pesado	12	> 10.000	1.001 a 2.000	5.90	3,3 x 10 ⁷ a 1,4 x 10 ⁸	5 x 10 ⁷
Faixa Exclusiva de Ônibus	Volume Médio	12	-	< 500	-	3 x 10 ⁶	10 ⁷
	Volume Elevado	12	-	> 500	-	5 x 10 ⁷	5 x 10 ⁷

Definiu-se que o tráfego da via em estudo pode ser classificado como meio pesado, e, uma vez que haverá uma interligação com um polo industrial, optou-se por majorar o valor de número N, chegando a um valor de 5 x 10⁶.

8.2 CAPACIDADE DE SUPORTE DO SUBLEITO

O estudo do subleito foi apresentado no capítulo referente à Estudos Geotécnicos. De acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT os materiais de subleito não podem apresentar expansão superior a 2% e o ISC deve ser maior ou igual a 2%. Em toda a amostra estudada não foi verificado em nenhum ponto de coleta tais condições, de forma que o subleito foi caracterizado como de boa condição para suporte do pavimento, não necessitando nem de substituição nem reforço.

Com base na análise estatística efetuada com os resultados obtidos para as sondagens, definiu-se como ISC de projeto o valor de 9,0%.

8.3 MATERIAIS PARA PAVIMENTAÇÃO

8.3.1 Materiais Pétreos

A Pedreira indicada nos Estudos Geotécnicos é denominada Pedreira Britenge. Esta é uma instalação comercial, devidamente licenciada, na qual os estudos realizados asseguram a disponibilidade de material para atendimento à obra, dentro das especificações necessárias.

As britas e areia artificial serão usadas para os seguintes serviços de pavimentação:

- *Concreto asfáltico*
- *Brita Graduada Simples*

8.3.2 Massa Asfáltica

A pedreira indicada conta com usina de asfalto, de modo que para a confecção da massa asfáltica o CAP 50/70 será direcionado da distribuidora de material betuminoso para a usina. A massa pronta será levada diretamente para aplicação na pista.

8.3.3 Materiais Betuminosos

Para a execução da imprimação será utilizada Emulsão Asfáltica para Imprimação (EAI) numa taxa de 1,3 l/m².

Para a pintura de ligação será utilizada a emulsão asfáltica tipo RR-1C numa taxa de 0,5 kg/m².

Para a massa asfáltica será utilizado cimento asfáltico SBS 60-85E numa taxa de 132,3 kg/m³.

8.4 DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

Para o dimensionamento da estrutura do pavimento foram utilizadas metodologias oficiais e de conhecimento público, sendo estes os seguintes métodos:

- Método do DNER/79 (Engº Murilo Lopes de Souza)
- Método da Resiliência – TECNAPAV/94 (Engº Ernesto S. Preussler e Salomão Pinto)
- IP- 05/2004 - Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis Tráfego Meio Pesado, Pesado, Muito Pesado e Faixa Exclusiva de Ônibus

Os resultados obtidos são apresentados abaixo:

Dimensionamento do Pavimento							
Ligação Vale das Pombas							
Materiais das Camadas e Coeficientes Estruturais							
Camada		Tipo		Origem		ISC (%)	Coef.
Revestimento		CBUQ					2,00
Base		Brita Graduada Simples		pedreira		>60	1,00
Sub-base		Brita Graduada Simples		pedreira		>20	1,00
Sub-leito		Solo Argiloso				9,0	0,71
DNER/79							
Número N10 (USACE)		Espessura Mínima do Revestimento		H ₂₀	H _n	Período de Projeto	
5,00E+06		R=	5,00	cm de CBUQ	27	44	10 anos
Base R x K _R + B x K _B > H ₂₀					espessura calculada B =		espessura adotada 17
Sub-Base R x K _R + B x K _B + SB x K _S					espessura calculada SB =		espessura adotada 17
TECNAPAV							
Tipo do Solo do Subleito		2		I ₁ = 0		I ₂ = 0	
Deflexão Admissível		log D _{adm} = 3,148 - 0,188 log N				D _{adm} = 77,37	
Espessura Mínima do Revestimento		H _{CB} = -5,737 + (807,961/D)+0,972 I ₁ +4,101 I ₂				H _{CB} = 4,7	
Espessura Total do Pavimento		H _T = 77,67 x N ^{0,0482 x CBR^{-0,598}}				H _T = 44	
Espes. Total da Camada Granular		H _{CB} x V _E + H _{CG} = H _T				H _{CG} = 34	
Valor Estrut. da Camada Betuminosa						V _E = 2,0	
Valor Estrut. da Camada TSD						V _E = 1,2	
RESUMO							
Método	CBR SL %	Espessuras (cm)					
		Revest.		Base	Sub-base	Reforço	Total
		CBUQ	TSD				
DNER / 79	9,0	5,0	0,0	17,0	16,9		38,9
TECNAPAV	9,0	4,7	0,0	17,0	17,0		38,7
ADOTADO	9,0	5,0	0,0	17,0	17,0		39,0

A estrutura de pavimentação projetada para a via é apresentada na figura seguinte:

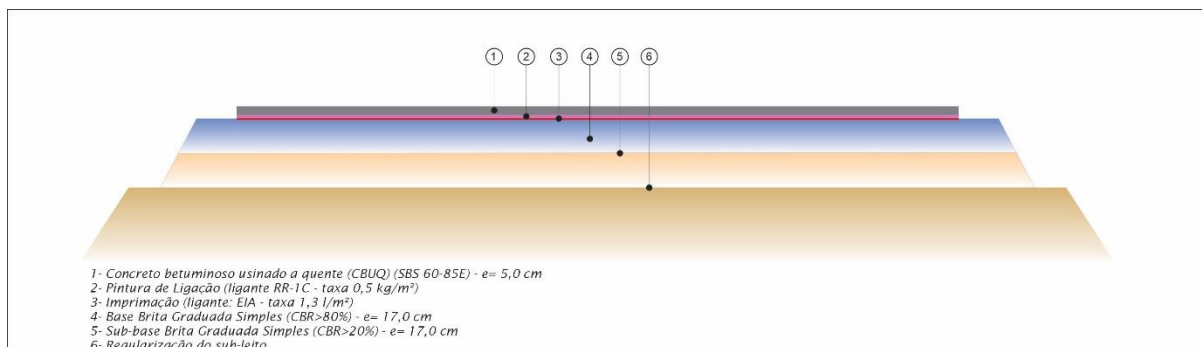


Figura 54: Estrutura de pavimentação

- **Revestimento:** terá espessura total de 5,0 cm, sendo esta composta por uma camada de CBUQ (faixa "C");
- **Base:** terá espessura de 17,0 cm, sendo a mesma composta por brita graduada simples (BGS) CBR>= 60%.
- **Sub-base:** terá espessura de 15,0 cm, sendo composta por brita graduada simples (BGS) com CBR>= 20%.

8.4.1 Materiais

O subleito deverá ser regularizado considerando a compactação na energia de 100% do Proctor Normal, apresentando ISC $\geq 9,0\%$.

A camada de sub-base é composta por brita graduada simples (BGS), devendo o mesmo apresentar ISC $> 20\%$.

A camada de base é composta por brita graduada simples (BGS), devendo o mesmo apresentar ISC $> 60\%$.

Para a imprimação será utilizada emulsão asfáltica do tipo EIA, numa taxa de aplicação de $1,3 \text{ l/m}^2$.

Para a pintura de ligação a emulsão asfáltica é do tipo RR-1C, numa taxa de aplicação de $0,5 \text{ l/m}^2$.

O CBUQ será confeccionado com SBS 60-85E, cuja taxa de ligante é de $132,3 \text{ kg/m}^3$.

8.4.2 Descrição do Projeto

A solução de pavimentação será única para os trechos com implantação de novas pistas. Para os segmentos onde haverá aproveitamento de sistema viário existente, foi proposto um reforço estrutural. Esta solução contempla a remoção do revestimento existente e da camada de base. Em seguida será implantada uma nova camada de base e um novo revestimento com as mesmas características do pavimento novo. Os segmentos de pavimentação são assim definidos:

- Pista Esquerda_Estaca 134+0,00 a estaca 326+5,00: pavimento novo
- Pista Direita: Estaca 134+0,00 a estaca 165+5,00: remoção de base e revestimento existente + implantação base em BGS (e= 17 cm) e revestimento em CBUQ (e= 5,0 cm)
- Pista Direita_Estaca 165+5,00 a estaca 313+0,00: pavimento novo
- Pista Direita: Estaca 313+0,00 a estaca 325+5,00: remoção de base e revestimento existente + implantação base em BGS (e= 17 cm) e revestimento em CBUQ (e= 5,0 cm)

8.5 QUADROS COMPLEMENTARES

8.5.1 Planilha Resumo de Quantitativos

A seguir é apresentada a planilha resumo de quantitativos de pavimentação necessários para a implantação da avenida.

Pista	Extensão (m)	Regularização de Subleito (m²)	Sub-base (m³)		Base (m³)		Imprimação (m²)	
			material	compactação	material	compactação	área (m²)	EAI (t)
Eixo 01 LE	3.845,00	40.057,50	9.512,28	6.290,94	8.941,55	5.901,81	32.427,50	42,16
Eixo 02 LD	3.825,00	30.765,00	7.305,63	4.831,57	8.833,58	5.829,22	32.012,50	41,62
Concordâncias		1.746,71	399,23	272,20	381,08	259,82	1.455,59	1,89
Total	7.670,00	72.569,21	17.217,14	11.394,70	18.156,21	11.990,84	65.895,59	85,66

Pista	Extensão (m)	Pintura de Ligação (m²)		Remoção Camada Granular (m³)	Remoção Pavimento Betuminoso (m³)	CBUQ Capa (m³)		
		área (m²)	RR-1C (t)			volume (m³)	SBS 60-85E (t)	Massa (t)
Eixo 01 LE	3.845,00	32.682,50	16,34			1.634,13	216,19	4.118,00
Eixo 02 LD	3.825,00	32.267,50	16,13	1.215,50	357,50	1.613,38	213,45	4.065,71
Concordâncias		1.455,59	0,73			72,78	9,63	183,40
Total	7.670,00	66.405,59	33,20	1.215,50	357,50	3.320,28	439,27	8.367,10

8.5.2 Cálculo de Distância de Transporte de Material Granular

Cálculo de Distância de Transporte de Material											
Material para Subbase											
Fonte	Pista	Distribuição do Material		Distribuição do Material		Volume material	DMT fixo	m³ x km (fixo)	DMT variável	m³ x km (variável)	DMT
		EST Inicial	EST Final	KM Inicial	Km Final						Total
Pedreira	Eixo 01 LE	134,00	326,00	2,68	6,52	9.911,51	0,90	8.920,36	1,92	19.030,10	2,82
Pedreira	Eixo 02 LD	165,00	313,00	3,30	6,26	7.305,63	0,90	6.575,07	1,48	10.812,34	2,38
Total						17.217,14		15.495,43		29.842,44	
DMT Fixo (km) =>										0,90	
DMT Variável (km) =>										1,73	
DMT Total (km) =>										2,63	
Material para Base											
Fonte	Pista	Distribuição do Material		Distribuição do Material		Volume material	DMT fixo	m³ x km (fixo)	DMT variável	m³ x km (variável)	DMT
		EST Inicial	EST Final	KM Inicial	Km Final						Total
Pedreira	Eixo 01 LE	134,00	326,00	2,68	6,52	9.322,63	0,90	8.390,36	1,92	17.899,45	2,82
Pedreira	Eixo 02 LD	134,00	313,00	2,68	6,26	8.320,44	0,90	7.488,40	1,79	14.893,59	2,69
Total						17.643,07		15.878,76		32.793,04	
DMT Fixo (km) =>										0,90	
DMT Variável (km) =>										1,86	
DMT Total (km) =>										2,76	

8.5.3 Distância Média de Transporte

Quadro Resumo das Distâncias de Transporte										
Serviço	Material	Percurso		Transporte Local (DMT)			Transporte Comercial (DMT)			DMT total
		Origem	Destino	Fixo	Variável	Total	Fixo	Variável	Total	
Sub-base	BGS	Usina	Pista	0,90	1,73	2,63				2,63
Base	BGS	Usina	Pista	0,90	1,86	2,76				2,76
Imprimação	EAI	Distribuidora (Ap. de Goiânia/GO)	Canteiro de Obras				5,60	0,00	5,60	5,60
		Canteiro de Obras	Pista	0,00	1,92	1,92				1,92
Pintura de Ligação	RR-1C	Distribuidora (Ap. de Goiânia/GO)	Canteiro de Obras				5,60	0,00	5,60	5,60
		Canteiro de Obras	Pista	0,00	1,92	1,92				1,92
CBUQ	Brita/Pedrisco	Pedreira	Usina				0,00	0,50	0,50	0,50
	Cimento Asfáltico	Distribuidora (Ap. de Goiânia/GO)	Usina				10,30	0,00	10,30	10,30
	Cimento / Filler	Cimenteira	Usina				88,50	0,00	88,50	88,50
	Massa	Usina	Pista	0,90	1,92	2,82				2,82
Diversos	Brita/Rachão	Pedreira	Canteiro de Obras				4,74	0,00	4,74	4,74
		Canteiro de Obras	Pista	0,00	1,92	1,92				1,92
	Cimento	Cimenteira	Canteiro de Obras				84,40	0,00	84,40	84,40
		Canteiro de Obras	Pista	0,00	1,92	1,92				1,92
	Tubos de Concreto	Fornecedor	Canteiro de Obras				31,20	0,00	31,20	31,20
		Canteiro de Obras	Pista	0,00	1,92	1,92				1,92
Comércio	Madeira, aço, tubos de concreto	Comércio	Canteiro de Obras				15,00	0,00	15,00	15,00
		Canteiro de Obras	Pista	0,00	1,92	1,92				1,92
Bota-fora	Material descartado	Pista	Aterro Sanitário	8,00	1,92	9,92				9,92

8.5.4 Quadro Resumo de Consumo de Materiais

CONSUMO DE MATERIAIS PARA ORÇAMENTO			
SERVIÇO	MATERIAL	TAXA	
IMPRIÇÃO	EIA	1,30	kg/m ²
PINTURA DE LIGAÇÃO	EMULSÃO – RR 1C	0,50	kg/m ²
CBUQ - FAIXA C - GOINFRA	AREIA	0,0648	m ³ /m ³
	BRITA	0,2932	m ³ /m ³
	PÓ DE PEDRA	0,8071	m ³ /m ³
	PEDRISCO	0,3550	m ³ /m ³
	FILLER - CIMENTO	0,0347	t/m ³
	SBS 60-85E	0,1323	t/m ³
	Massa	2,5200	t/m ³
TSD	BRITA	0,0227	m ³ /m ²
	EMULSÃO - RR 2C	2,8000	kg/m ²

8.6 LINEAR DE DISTRIBUIÇÃO DE MATERIAL PARA PAVIMENTAÇÃO

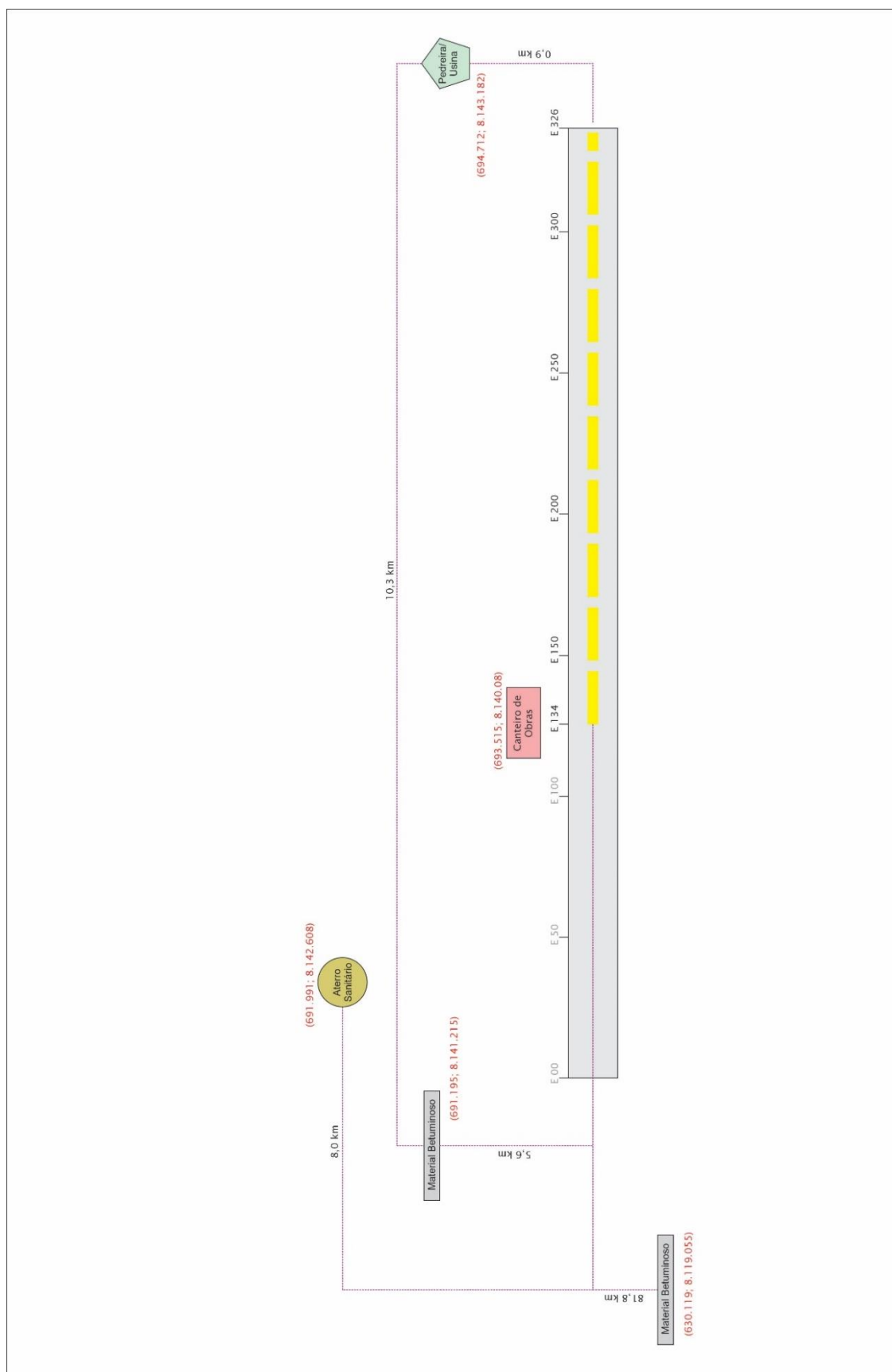


Figura 55: Linear de fontes de materiais de pavimentação

9 PROJETO DE DRENAGEM

Para a elaboração do Projeto de Drenagem foram tomados como elementos básicos os resultados dos Estudos Hidrológicos e Estudos Topográficos, sendo aplicadas as orientações contidas nas seguintes publicações do DNIT:

- *Instrução de Serviço IS-210 (DNIT IPR-726/2006);*
- *Manual de Drenagem de Rodovias (DNIT IPR-724/2006);*
- *Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem- 5ª Edição (DNIT IPR-736/2018)*
- *DNIT 020/2006-ES: Drenagem - Meios-fios e guias;*
- *DNIT 021/2006-ES: Drenagem - Entradas e descidas d'água;*
- *DNIT 018/2006-ES: Drenagem - Sarjeta e valetas de drenagem;*
- *DNIT 015/2006-ES: Drenagem – Drenos subterrâneos;*
- *DNIT 022/2006- ES - Drenagem - Dissipadores de energia*
- *DNIT 023/2006-ES: Drenagem – Bueiros tubulares de concreto*

O projeto de drenagem compreendeu as seguintes etapas principais:

1. Definição dos dispositivos utilizados pela análise das notas de serviço de pavimentação e terraplenagem;
2. Análise dos estudos hidrológicos para definição do cálculo hidráulico;
3. Cálculos dos comprimentos limites dos dispositivos;
4. Elaboração do desenho do projeto de drenagem;
5. Elaboração das notas de serviço de drenagem;

9.1 ELABORAÇÃO DO PROJETO DE DRENAGEM

O Projeto de drenagem foi desenvolvido com base nos estudos topográficos, hidrológicos e no projeto de melhorias viárias, visando o dimensionamento dos elementos de drenagem superficial, drenagem profunda e de galerias de águas pluviais.

O sistema de drenagem de águas pluviais projetado é composto por um conjunto de obras de engenharia que visam captar as águas que chegam à malha viária, por escoamento ou precipitação, conduzindo-as para local seguro de deságue, resguardando a estabilidade do maciço.

O projeto em questão contempla áreas com propensa urbanização, já existente ou futura, sendo necessária a implantação de dispositivos de drenagem superficial, drenagem profunda e galerias de águas pluviais em determinados trechos para garantir o escoamento d'água com risco de alagamento mínimo nas pistas de rolamento objetivando causar o mínimo impacto nas futuras construções lindeiras à pista, uma vez que garantir o escoamento da água é de suma importância para assegurar a trafegabilidade em momentos de tormenta.

Os dispositivos de drenagem existentes não foram aproveitados em sua totalidade, ou por condições precárias (cadastradas no campo) ou por insuficiência hidráulica, sendo demolidos e/ou substituídos por dispositivos que atendam às necessidades.

9.2 DRENAGEM SUPERFICIAL

A seguir estão apresentados os dispositivos de drenagem utilizados no projeto.

9.2.1 Meio-fio

Tem a função de captar e conduzir as águas precipitadas sobre a plataforma, evitando que ocorra erosão nos bordos das pistas, conduzindo-as para local seguro de deságue. Os meios-fios foram projetados em toda

extensão das vias de acesso, possuem a função primordial de conduzir e disciplinar o escoamento na plataforma e permitir o encaixe com dispositivos de saída d'água com deságue controlado e seguro por aberturas no passeio ligadas as descidas d'água ou bocas de lobo ligadas às galerias de águas pluviais.

Os dispositivos em questão deverão ser posicionados na faixa da plataforma contígua à pista, e apesar da função principal ser de drenagem, serve como guia das possíveis trajetórias das vias de acesso para o motorista.

No presente projeto foram adotados meio-fio com sarjeta, denominado Meio-fio MFC 01, e meio-fio sem sarjeta, denominado Meio-fio MFC 05.

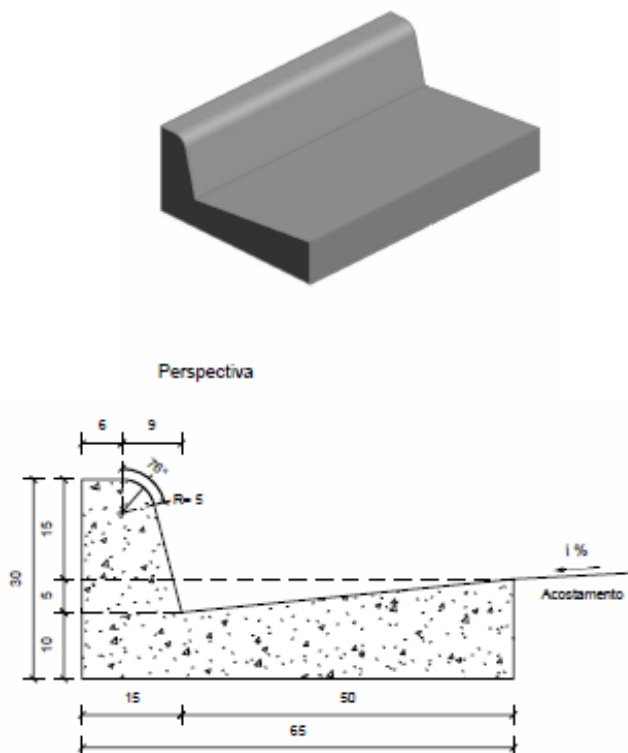


Figura 56: Meio-fio com sarjeta – MFC 01

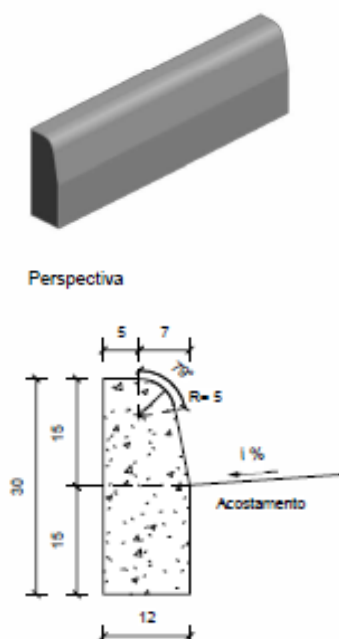


Figura 57: Meio-fio sem sarjeta – MFC 05

9.2.2 Sarjeta de corte

Tem a função de captar as águas que chegam ao corpo estradal e conduzi-las, longitudinalmente à rodovia, até o ponto de transição entre corte e aterro onde sofrem uma deflexão de 45°, de forma a permitir a saída lateral da água para o terreno natural ou para a valeta de aterro ou ainda, para a caixa coletora de um bueiro de greide.

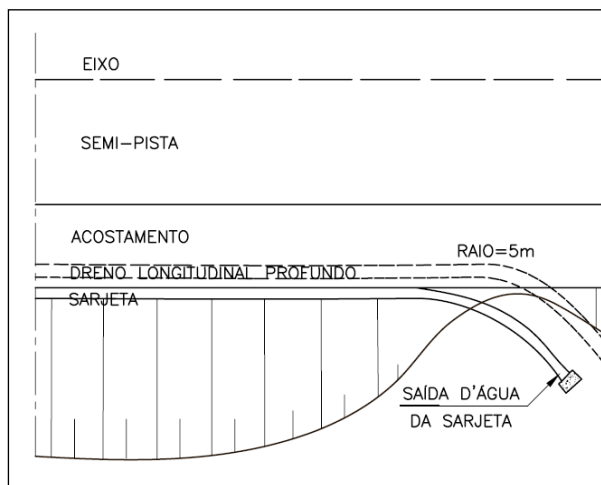


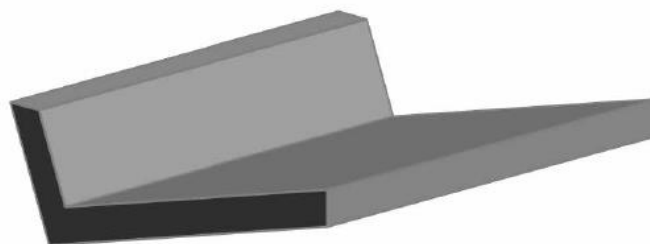
Figura 58 - Saída de sarjeta

As sarjetas devem localizar-se em todos os cortes, sendo construídas à margem dos acostamentos, terminando em pontos de saída convenientes (pontos de passagem de corte para aterro ou caixas coletoras). Para o presente projeto, projetou-se as sarjetas em cortes STC 88-20 a partir de 30cm de altura e por todo o trecho em corte. Devido a algumas regiões do trecho possuírem grandes extensões de corte o comprimento limite da sarjeta STC 88-20 não será suficiente para conduzir ao desague até um ponto de saída sem que haja o transbordamento do dispositivo, com isso foi proposto para estas regiões sarjetas de maior seção STC 125-25.

O dimensionamento das sarjetas consistiu na determinação da máxima extensão admissível, até a qual não ocorre transbordamento destas. Esta extensão depende diretamente da capacidade de vazão da seção adotada, da vazão de contribuição a ser drenada e da inclinação da via. Deste modo, o comprimento crítico, em metros, será dado pelo quociente entre a capacidade de vazão e a vazão contribuinte, ficando, ainda, condicionado à declividade longitudinal da pista.

As sarjetas de corte podem apresentar seção triangular ou trapezoidal, dependendo da capacidade de vazão necessária. A sarjeta triangular apresenta uma razoável capacidade de vazão, além de contar com o fato da redução do risco de acidentes.

A seguir a figura das sarjetas adotadas no projeto:



Perspectiva

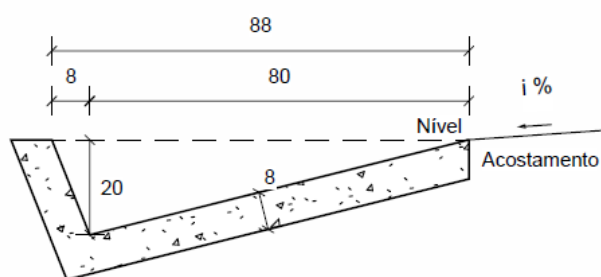
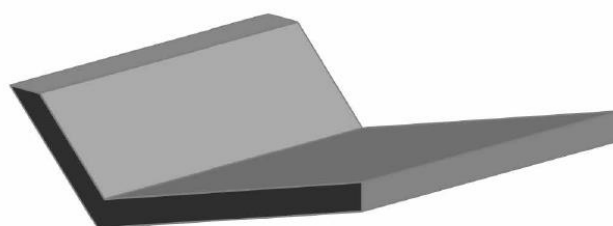


Figura 59 - Sarjeta de corte tipo STC 88-20



Perspectiva

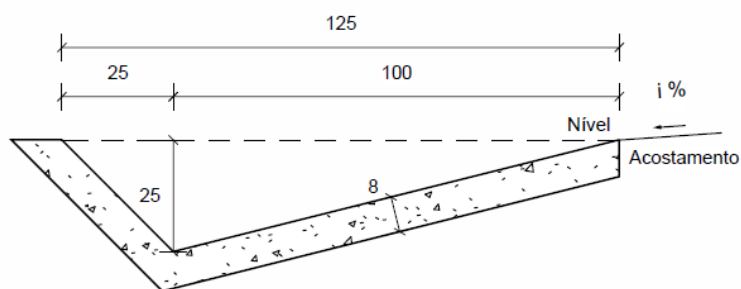


Figura 60 - Sarjeta de corte tipo STC 125-25

9.2.3 Valetas de proteção

As valetas de proteção têm como objetivo interceptar as águas que escorrem pelo terreno natural a montante, impedindo-as de atingir os taludes de corte e/ou aterro.

As valetas de proteção serão construídas em trechos com corte e/ou aterro com alturas maiores do que 1,5 m, onde o escoamento superficial proveniente dos terrenos adjacentes possa atingir o talude, comprometendo a estabilidade do corpo estradal.

Deverão ser localizadas proximamente paralelas às cristas dos cortes e/ou aos pés dos aterros, a uma distância entre 2,0 e 3,0 metros. O material resultante da escavação deve ser colocado entre a valeta e a crista do corte e/ou pé do aterro e apiloado manualmente, conforme apresentado nas figuras a seguir.

As valetas foram projetadas com revestimento em grama, devido a pequena área de contribuição e baixa velocidade das mesmas, exceto nos locais onde foi necessário ligar dispositivos de saída d'água, e em trechos que possuem grandes extensões onde o comprimento limite não foi suficiente, sendo projetadas valetas revestidas em concreto.

Conforme supracitado, tem-se o desenho tipo das valetas utilizadas, revestidas em grama e concreto.

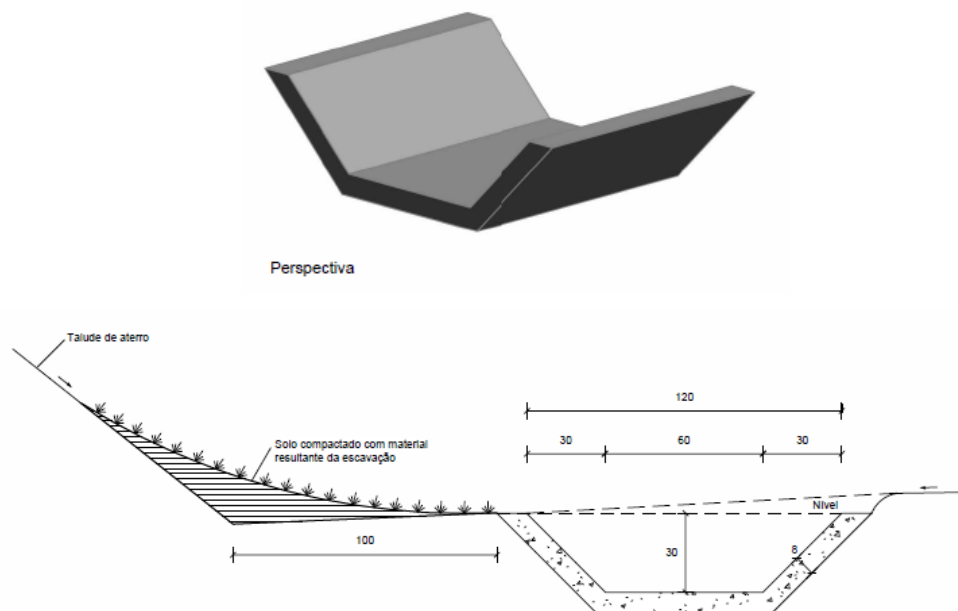


Figura 61: Valeta de Proteção de Aterro - VPAC 120-30 (Concreto)

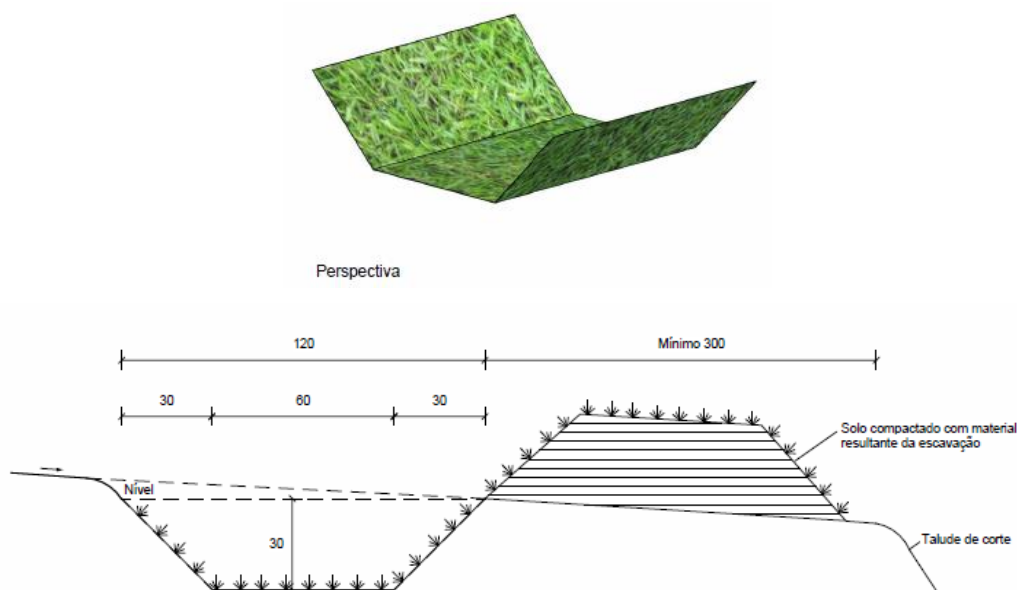


Figura 62: Valeta de Proteção de Corte – VPCG 120-30 (Grama)

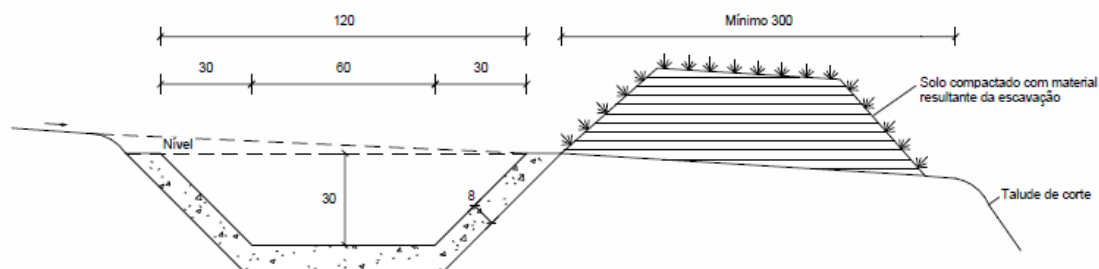


Figura 63: Valeta de Proteção de Corte – VPCC 120-30 (Concreto)

9.2.4 Entradas e Descidas D'água

As entradas e descidas d'água conduzem as águas captadas nas pistas por outros dispositivos de drenagem, quando é atingido o comprimento limite dos dispositivos, até o local de desagüe.

Nos aterros, as descidas d'água conduzem as águas provenientes das sarjetas de aterro quando é atingido o comprimento limite destas, e nos pontos baixos, através das saídas d'água, desagüando no terreno natural.

Neste projeto foram adotadas entradas dos tipos de greide contínuo, com abertura somente em um dos lados acompanhando o caimento longitudinal e de ponto baixo, com abertura nos dois lados para a coleta de ambos os lados contribuintes ao mesmo ponto.

As descidas d'água adotadas neste projeto são do tipo lisa e do tipo com degraus, a locação de descida do tipo lisa foi realizada em pontos onde o talude é menor que 8 metros, sem risco de aceleração do escoamento e consequentes riscos estruturais. Já para as descidas maiores que oito metros se adotou descidas do tipo com degraus para amortizar a aceleração do escoamento e proteger o pé do talude.

Para o projeto em questão, as entradas d'água adotadas foram dos tipos greide contínuo, EDA 01, e de ponto baixo, EDA 02, apresentadas a seguir.

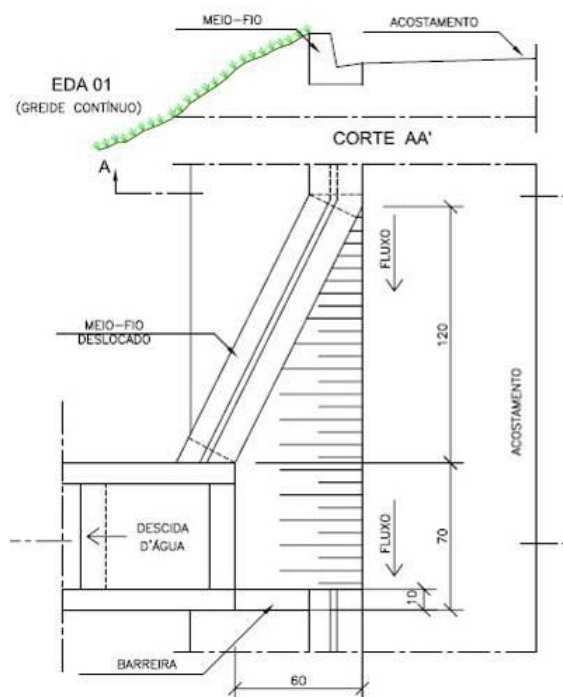


Figura 64 - Entrada d'água de greide contínuo - EDA01

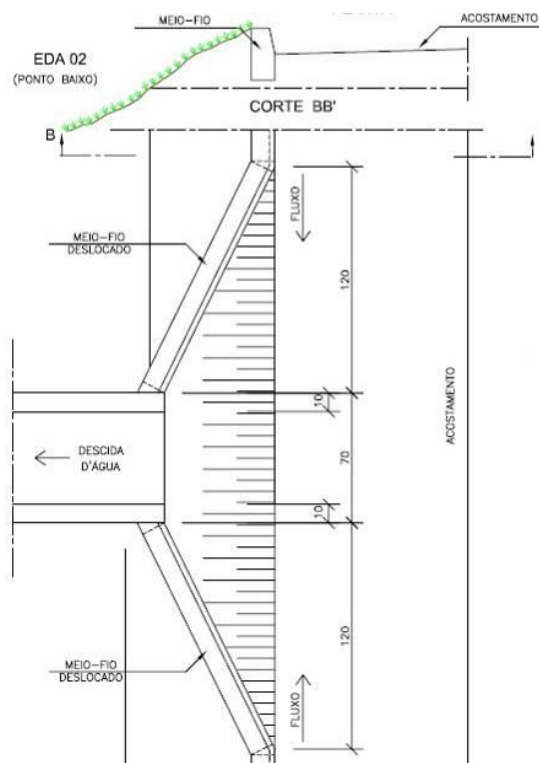


Figura 65 - Entrada d'água de ponto baixo - EDA02

Já as descidas d'água adotadas foram dos tipos rápida lisa, DAR02, apresentada a seguir.

**DAR - 02 CANAL RETANGULAR EM CONCRETO SIMPLES
CORTE LONGITUDINAL**

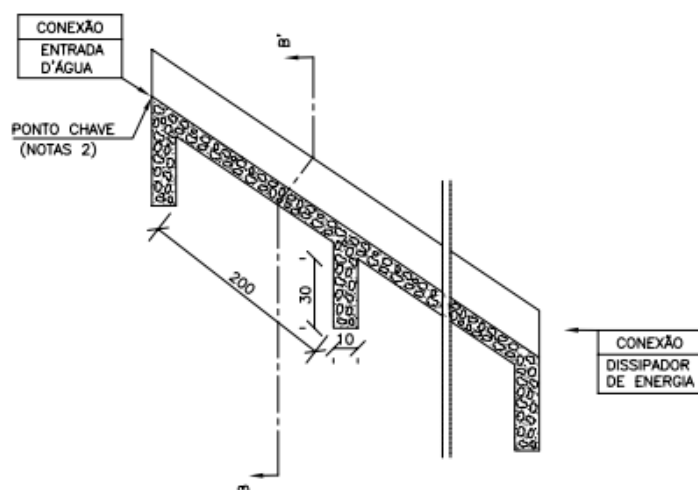


Figura 66 - Descida d'água de aterros tipo rápida - DAR02

9.2.5 Dissipadores de energia

9.2.6 Dissipadores de Energia

Dissipadores de energia, como o nome indica, são dispositivos destinados a dissipar energia do fluxo d'água, reduzindo consequentemente sua velocidade, quer no escoamento através do dispositivo de drenagem, quer no deságue para o terreno natural.

Neste projeto serão utilizados dissipadores de energia de dois tipos, sendo eles:

- Dissipadores de Valetas e Descidas d'água

Os dissipadores devem ser implantados nas saídas das valetas e das descidas d'água, com o intuito de dissipar a energia das águas antes que elas cheguem ao curso d'água de forma a evitar processos erosivos no solo.

- Dissipadores lançamentos de Galerias

Nesse tipo de lançamento é utilizado um dissipador posicionado à 45º em relação ao eixo do córrego e a tubulação, sendo utilizados nos locais onde haverá lançamento por meio de galerias de águas pluviais, os quais demandam elementos mais robustos para a dissipação de energia.

Foram utilizados dissipadores aplicáveis a saídas de valetas e sarjetas, tipo DES 01, DES 02 e DES03, aplicáveis a saídas de bueiros tubulares, tipos DEB 03, DEB 05 e aplicáveis a saídas de descidas d'água, tipo DEB 01 e DEB 02.

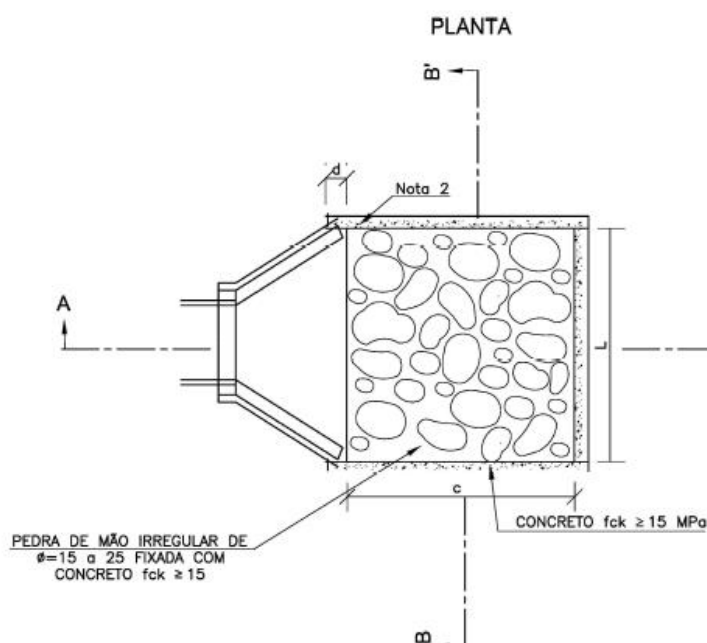


Figura 67 - Dissipadores de energia - DEB01 a DEB13

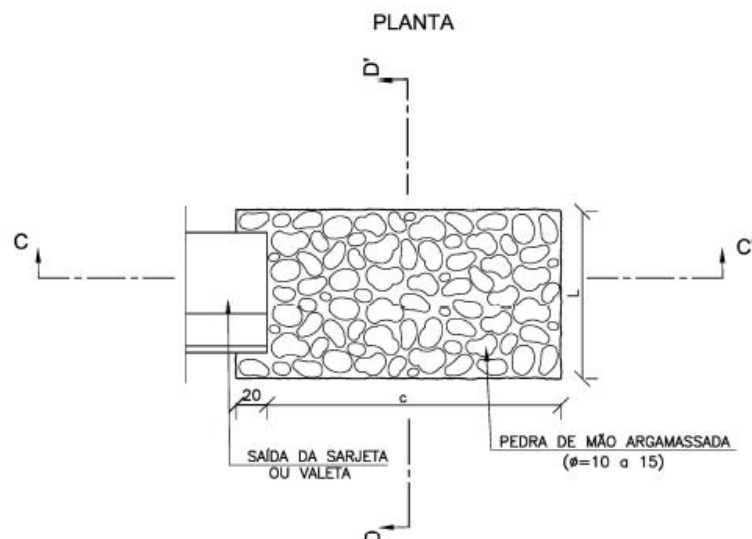
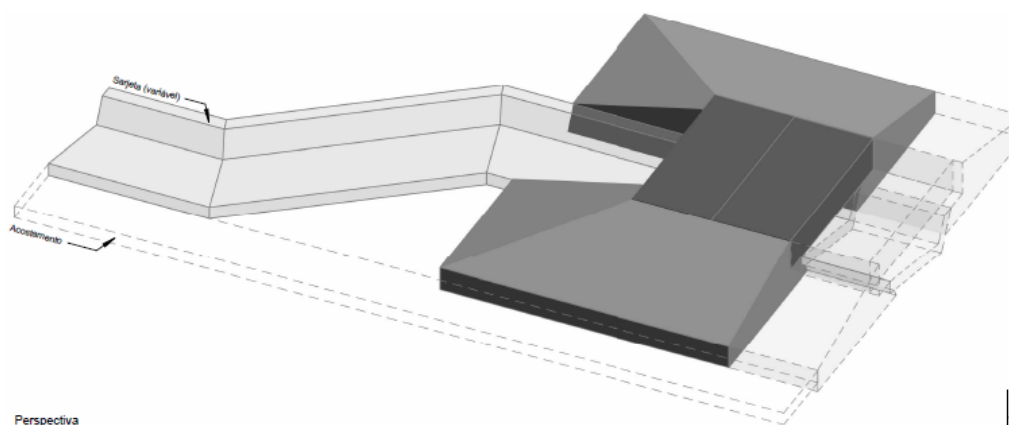


Figura 68 - Dissipadores de energia - DES01 a DES04

9.2.7 Segmentos de transposição de sarjetas

São dispositivos constituídos em módulos, de 1 m cada, sobre bases em concreto adotados sobre as sarjetas de corte nos locais onde a sarjeta impossibilita o acesso lateral. O modelo adotado é apresentado a seguir.



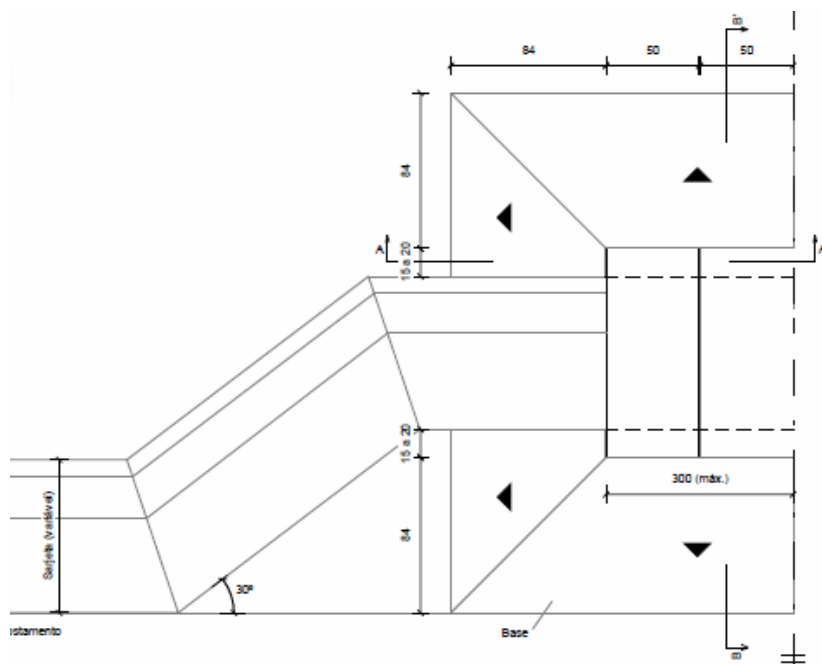
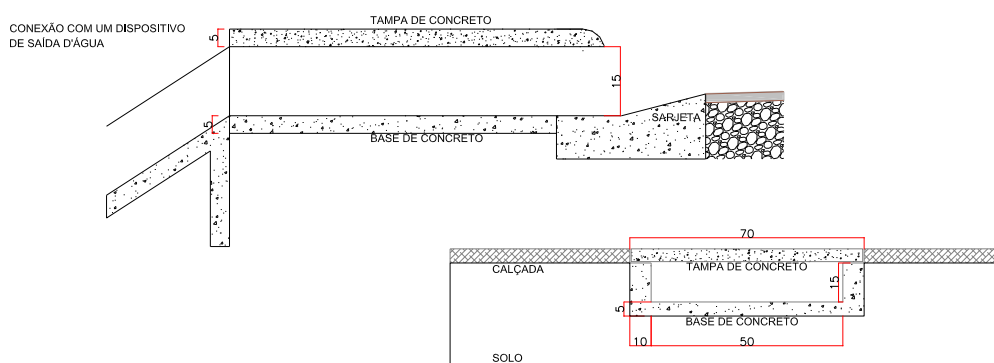


Figura 69 - Transposição de segmento de sarjeta – TSS

9.2.8 Aberturas no passeio

Devido a configuração da seção transversal deste projeto, que contempla a implantação de calçadas, foi proposta a implantação de aberturas no passeio para conectar os dispositivos de coleta das pistas aos dispositivos localizadas do lado externo da seção. Essa abertura possui uma tampa, que dá continuidade ao passeio, conforme apresentado na figura a seguir.



9.3 DRENAGEM SUBTERRÂNEA

9.3.1 Drenos Longitudinais Profundos

De acordo com Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT, os drenos profundos têm por objetivo principal interceptar o fluxo da água subterrânea através do rebaixamento do lençol freático, impedindo-o de atingir o subleito. Devem ser instalados nos trechos em corte, nos terrenos planos que apresentem lençol freático próximo do subleito, bem como nas áreas eventualmente saturadas próximas ao pé dos taludes.

Foram adotados o uso de drenos longitudinais profundos para corte em solo. Desta forma, adotou-se o seguinte dispositivo: DPS07 (dreno profundo em solo 07). Os deságues das linhas de dreno foram realizados em bocas de saída em concreto, BSD02.

A seguir, são apresentados os projetos-tipo desses dispositivos, de acordo com o Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem do DNIT.

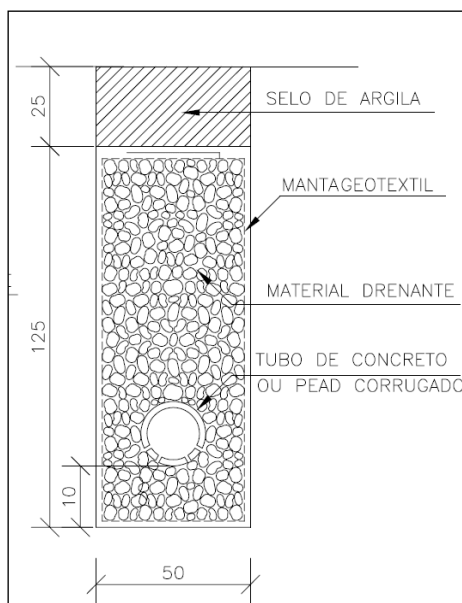


Figura 70 - Dreno DPS07

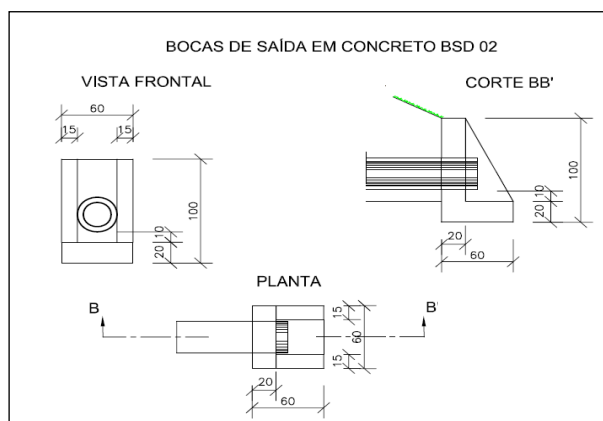


Figura 71 - Boca de dreno BSD02

9.4 GALERIAS DE ÁGUAS PLUVIAIS

Para o projeto não foram projetadas galerias de águas pluviais. O conceito definido pela Prefeitura de Aparecida de Goiânia era de um projeto com características viárias de trecho rural.

No segmento pavimentado compreendido entre as estacas 311 e 326 há uma galeria que será aproveitada. Serão implantadas bocas de lobo e ramais de ligação na pista do lado esquerdo de modo a interligar estas coletas com a galeria existente.

9.5 OBRAS DE ARTE CORRENTES

Em sua função primordial, a drenagem de uma rodovia deve eliminar a água que, sob qualquer forma, atinge o corpo estradal, captando-a e conduzindo-a para locais em que não mais afete a segurança daquele.

No caso da transposição de talvegues, essas águas pertencem a uma bacia e, por imperativos hidrológicos, devem ser desviadas de maneira a não comprometer a estrutura da rodovia. Esse objetivo é alcançado pela introdução de uma ou mais linhas de bueiros sob os aterros transpondo os cursos d'água, que se constituem nos obstáculos a serem vencidos pela rodovia.

O trecho apresentado em projeto respeita o traçado de uma via existente no local, a qual contempla dois bueiros tubulares existentes. Estes foram analisados e substituídos de forma a atender a nova concepção para o trecho.

O primeiro deles (Estaca 252+5,611) é um bueiro simples tubular com diâmetro de 0,60 m, que será substituído por um bueiro simples tubular com diâmetro de 1,00 m. Já o segundo (Estaca 257+4,148) que também é um bueiro simples tubular com diâmetro de 0,60 m, será substituído por uma nova obra ainda com diâmetro de 0,60 m, mas com extensão maior, atendendo o corpo do aterro da nova concepção da pista.

9.5.1 Considerações do Projeto de Drenagem

A seguir são apresentadas as considerações que serão adotadas para o desenvolvimento do projeto da microdrenagem.

9.5.1.1 Período de Retorno

Período de Retorno é o inverso da probabilidade de um determinado evento hidrológico ser igualado ou excedido em um ano qualquer.

9.5.1.2 Coeficiente de Run-Off

Do volume total precipitado sobre a bacia, apenas uma parte atinge a seção de vazão sob a forma de escoamento superficial. Uma outra parte está sujeita a infiltração e evaporação. O volume escoado é, então, um resíduo do volume precipitado e a relação entre os dois é o que se denomina de Coeficiente de Run-Off. A parcela que se escoar superficialmente depende basicamente das características da área onde se dará o escoamento (declividade, natureza e utilização do solo, etc.)

A definição do coeficiente a ser adotado também se apoiou na tabela abaixo, que apresenta valores em função do tipo de ocupação da área.

Tabela 21 – Coeficiente de escoamento com base no uso do solo

USO DO SOLO OU GRAU DE URBANIZAÇÃO	COEFICIENTE DE ESCOAMENTO
Zonas verdes não urbanizadas e de proteção ambiental	0,10
Zonas especiais (pasto, hipódromo, cemitério)	0,30
Zona residencial de lotes amplos e zona residencial rarefeita	0,50
Zona de apartamentos e edifícios comerciais	0,60
Zona pavimentada	0,90

9.5.1.3 Tempo de Concentração

É o intervalo de tempo contado a partir do início da precipitação, para que toda a bacia hidrográfica correspondente passe a contribuir na seção em estudo. Corresponde a duração da trajetória da partícula de água que demora mais para atingir a seção considerada.

9.5.1.4 Método de Cálculo

Para pequenas bacias de até 2 ha, que caracterizam as bacias da microdrenagem, será utilizado o Método Racional. A simplicidade de sua aplicação e a facilidade do conhecimento e controle dos fatores a serem considerados o torna de uso bastante difundido no estudo das cheias de pequenas bacias hidrográficas.

9.5.1.5 Vazões de Projeto

O cálculo das vazões de dimensionamento das estruturas de drenagem será feito através da aplicação do Método Racional, no qual a vazão é determinada em função da precipitação, da área e das características de recobrimento da bacia.

9.5.1.6 Intensidade Pluviométrica

Para determinação da precipitação será utilizado o método da equação da curva IDF (Intensidade-Duração-Frequência) específica da região do Município de Aparecida de Goiânia.

9.5.1.7 Velocidade de Projeto

Foram determinados valores mínimos e máximos para a velocidade de escoamento da água nos dispositivos de drenagem de acordo com as normativas do DNIT.

Os critérios adotados para determinarmos a velocidade mínima e máxima permitível para escoamento da água, tem como base o tipo de revestimento e declividade do dispositivo de drenagem (valetas, sarjetas e meios-fios com sarjetas).

Tabela 22 – Velocidade de acordo com revestimento

Material de revestimento	Velocidade (m/s)
Areia muito fina	0,23 a 0,30
Areia solta - média	0,30 a 0,46
Areia grossa	0,46 a 0,61
Terreno arenoso comum	0,61 a 0,76
Terreno silte-argiloso	0,76 a 0,84
Terrenos de aluvião	0,84 a 0,91
Terreno argiloso compactado	0,91 a 1,14
Terreno argiloso, duro, solo compactado	1,22 a 1,52
Cascalho grosso, pedregulho, piçarra	1,52 a 1,83
Rochas sedimentares moles - xistos	1,83 a 2,44
Alvenaria	2,44 a 3,05
Rochas compactadas	3,05 a 4,00
Concreto	4,00 a 6,00

Fonte: (Silvestre, 1983)

Para se evitar que haja sedimentação de material sólido em suspensão na água e que as condições de autolimpieza sejam preservadas a velocidade mínima de projeto se restringiu ao valor de $v = 0,75$ m/s. E a fim de se evitar danos, a velocidade máxima de projeto foi restringida ao valor de $v = 5,5$ m/s.

10 PROJETO DE SINALIZAÇÃO

Para a elaboração do Projeto de Sinalização foram tomados como elementos básicos os resultados dos Estudos de Tráfego e Projeto Geométrico. Para o desenvolvimento do projeto de sinalização foram aplicadas as orientações contidas nas seguintes publicações do DNIT:

- *Manual de Sinalização Rodoviária DNIT, 3ª edição 2010.*
- *Manual Brasileiro de Sinalização Vertical de Regulamentação Volume I- CONTRAN – 2022.*
- *Manual Brasileiro de Sinalização Vertical de Advertência Volume II- CONTRAN – 2022.*
- *Manual Brasileiro de Sinalização Vertical de Indicação, Volume III – CONTRAN – 2022.*
- *Manual Brasileiro de Sinalização Horizontal Volume IV- CONTRAN – 2022.*
- *Manual Brasileiro de Sinalização Vertical de Indicação, Volume III – CONTRAN – 2022.*
- *Manual Brasileiro de Sinalização Dispositivos Auxiliares, Volume VI – CONTRAN – 2022.*
- *Manual Brasileiro de Sinalização Temporária, Volume VII – CONTRAN – 2022.*
- *Guia Prático – Programa Nacional de Segurança e Sinalização Rodoviária – BR-LEGAL.*

A sinalização a ser implantada no trecho obedecerá aos requisitos de engenharia de trânsito de forma a regulamentar o uso da via, advertir sobre perigos potenciais e orientar os usuários através de informações necessárias durante seu deslocamento. Para ser eficiente, a concepção e a implantação da sinalização devem ter como princípio básico as condições de percepção dos usuários da via, devendo permitir fácil percepção do que realmente é importante com quantidade de sinalização compatível com a necessidade, seguir um padrão legalmente estabelecido, transmitir mensagens objetivas de fácil compreensão, ser precisa e confiável, ser vista à distância necessária, ser lida em tempo hábil para a tomada de decisão, estar limpa, conservada, fixada e visível. A sinalização deverá preencher estes requisitos básicos, adotando-se símbolos, sinais e legendas dimensionadas em função da velocidade diretriz da via.

A sinalização é dividida em dois tipos:

- *Vertical: composta por placas, sustentadas por colunas simples e duplas.*
- *Horizontal: inclui pinturas no pavimento e aplicação de dispositivos auxiliares.*

A eficiência da sinalização depende principalmente dos seguintes fatores:

- *Do seu posicionamento correto;*
- *Da transmissão da mensagem, a qual deverá ser clara e objetiva, a fim de evitar interpretações incorretas.*

10.1 SINALIZAÇÃO VERTICAL

A eficiência do projeto de sinalização vertical depende dos seguintes fatores:

- Colocação correta no campo visual;
- Propriedade e clareza da mensagem transmitida;
- Legibilidade;
- Entendimento por parte do condutor;
- Manutenção da mesma intensidade ao longo da via, a fim de dar condicionamento ao motorista;
- Antecipação da placa ao local da operação por esta indicada a fim de preparar o motorista para a sua próxima decisão.

Para que as placas promovam o efeito desejado é necessário que obedçam a certos requisitos básicos sob o ponto de vista de projeto, localização, conservação e uniformidade.

A sinalização vertical é composta de placas e painéis, implantados nas margens da rodovia e/ou suspensos sobre ela.

10.1.1 Sinais de Regulamentação

São utilizadas com a finalidade de notificar o usuário sobre as restrições, proibições e obrigações que governam o uso da via. Utilizam predominantemente a forma circular com exceção dos sinais R-1 e R-2. Deve possuir cor branca em seu fundo, cor vermelha em sua borda e legendas na cor preta.

10.1.2 Sinais de Advertência

Os sinais de advertência são utilizados sempre que se julgar necessário chamar a atenção dos usuários para situações permanentes ou eventuais de perigo na via ou em suas adjacências. Possuem a forma quadrada, com posicionamento definido por diagonal na vertical, trazem o fundo amarelo e o símbolo ou legenda na cor preta.

10.1.3 Sinais de Indicação

São utilizadas com a finalidade de identificar as vias e locais de interesse, bem como orientar condutores de veículos e pedestres quanto aos percursos, destinos, acessos, distâncias, serviços auxiliares e atrativos turísticos, podendo também ter como função a educação do usuário. São predominantemente retangulares, com posicionamento do lado maior na horizontal.

10.2 SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

A sinalização horizontal deve ser adequada de forma a atender critérios que garantam condições mínimas de segurança viária em relação a sua visualização com o veículo em movimento na velocidade praticada no trecho de forma a proporcionar tempo hábil para tomada de decisão do motorista.

Tem o objetivo de transmitir e orientar os usuários sobre as condições de utilização da via, compreendendo as proibições, restrições e informações que lhes permitam adotar comportamento adequado de forma a aumentar a segurança e ordenar os fluxos de tráfego.

A sinalização horizontal da pista em destaque, consiste em:

10.2.1 Marcas Longitudinais

Objetivam separar e ordenar as correntes de tráfego, definindo a parte da pista destinada à circulação de veículos, estabelece as regras de ultrapassagem e transposição, divisão de fluxos opostos, divisão de fluxos de mesmo sentido, delimitação de faixas de uso exclusivo ou preferencial de espécie de veículo e faixas reversíveis. Divide-se neste projeto em;

- *Linha de Fluxo Oposto Simples Contínua (LFO-1)*

É a linha de divisão de fluxos opostos aplicada sobre o eixo da pista de rolamento com o objetivo de delimitar o espaço reservado para a circulação de cada um dos fluxos de veículos e regulamentar a proibição de ultrapassagem, nos dois sentidos de circulação. Foi prevista na ciclovia onde adotou-se espessura de 0,10 m.

- *Linha de Fluxo Oposto Simples Seccionada (LFO-2)*

É a linha de divisão de fluxos opostos aplicada sobre o eixo da pista de rolamento com o objetivo de delimitar o espaço reservado para a circulação de cada um dos fluxos de veículos e regulamentar a permissão de ultrapassagem, nos dois sentidos de circulação. Foi prevista na ciclovia onde adotou-se espessura de 0,10 m com cadência de 1:2 (com 1,0 metro pintada para 2,0 livres).

- *Linha de Fluxo de Mesmo Sentido Contínua (LMS-1)*

É a linha de divisão de fluxos aplicadas sobre o limite entre as faixas de rolamento, com mesmo sentido de tráfego, com o objetivo de regulamentar as manobras de proibição de mudança de faixa e ultrapassagem. Conforme regulamentado possui largura de 0,10 m e cor branca.

- *Linha de Fluxo de Mesmo Sentido Seccionada (LMS-2)*

São as linhas demarcadoras de faixa de tráfego, ordenam fluxos de mesmo sentido de circulação, delimitando o espaço disponível para cada faixa de rolamento. Suas medidas foram definidas de acordo com velocidade regulamentada da via. São tracejadas na proporção de 1:3 (com 3,0 metros para 6,0 metros livres), possuem a cor branca e espessura de 0,10 m.

- *Linha de Bordo (LBO)*

As linhas de borda de pista delimitam a parte da pista destinada ao tráfego, separando-a dos acostamentos, das faixas de segurança ou do limite da superfície pavimentada, fornecendo aos usuários o trajeto a ser seguido. Estas linhas são contínuas e possuem cor branca, terão espessura conforme a velocidade regulamentada de 0,10 m. Quando não identificado nenhum dos critérios necessários para implantação das linhas de bordo, pode ser executada então a caiação dos meio fios garantindo ao condutor a boa visibilidade dos limites das pistas, em substituição à linha de bordo.

- *Marcação de Ciclovia (MCI)*

As linhas de marcação são posicionadas nos bordos da ciclovia, tendo sido adotadas para o projeto a aplicação de faixa branca na parte externa com 0,2 metros de largura, seguida de faixa vermelha com 0,1 metros de largura na parte interna.

10.2.2 Marcas Transversais e Inscrições no Pavimento

São utilizadas para ordenar os deslocamentos frontais, harmonizando com os deslocamentos de outros veículos e pedestre. Informam a necessidade de reduzir a velocidade, posição de parada, mudança de faixa e indicam a travessia de pedestres, de modo a propiciar maior segurança e melhor desempenho.

Constituem as Marcas Transversais e Inscrições no Pavimento;

- *Linha de Retenção (LRE)*

As linhas de Retenção indicam ao condutor o local limite em que deve parar o veículo, na cor branca e com largura de 0,40 m (0,30 m para ciclovia).

- *Legenda "PARE"*

Legendas são marcações no pavimento, na cor branca, compostas de letras e algarismos, utilizadas complementarmente à sinalização vertical, com a finalidade de orientar, advertir e regulamentar condições particulares de operação adiante sem que seja necessário, para isso, que o usuário desvie sua atenção da pista de rolamento. No projeto em questão foram utilizadas legendas de "PARE" em interseções específicas.

- *Setas Indicativas dos Sentidos de Tráfego no Pavimento (PEM)*

As setas são marcações que orientam os fluxos de tráfego na via, indicando o correto posicionamento dos veículos nas faixas de trânsito de acordo com os movimentos possíveis e recomendáveis, antecipando-lhes os movimentos que deverão realizar, as direções a serem seguidas, e o seu posicionamento na pista, permitindo assim ordená-los na faixa de rolamento e canalizar o fluxo de tráfego em locais com ampliação ou redução do número de faixas.

- *Símbolo de Bicicleta (SIC)*

Indica que a via é destinada a circulação de ciclistas. É pintado na cor branca.

- *Marcação de Cruzamentos Rodociclovitários (MCC)*

Indica ao condutor de veículo a existência de um cruzamento em nível, entre a pista de rolamento e a ciclovia. É composta de duas linhas paralelas constituídas de paralelogramos de 0,40 x 0,40 m, espaçados de 0,40 m entre si que seguem no cruzamento os alinhamentos dos bordos da ciclovia, na cor branca. Com a área entre eles preenchida com pintura vermelha.

10.2.3 Dispositivos Auxiliares

São dispositivos utilizados para complementar a sinalização padronizada, com função de proporcionar maior segurança ao usuário da via, alertando sobre situações de perigo, obras, serviços e eventos que possam comprometer a segurança viária, permitindo assim ao condutor melhores condições de operação, principalmente em áreas sujeitas a neblina ou a altos indicadores pluviométricos, ou ainda em percursos à noite. Este projeto compreende a utilização de tachas nas linhas de bordo (LBO) e nas linhas de sinalização do eixo da pista (LMS-2).

10.3 SINALIZAÇÃO DE OBRAS

O projeto de sinalização para fase de obras consiste em um conjunto de sinais e dispositivos com características visuais próprias, foi desenvolvido com o objetivo principal de garantir a segurança dos trabalhadores da obra e orientar os motoristas usuários da rodovia sobre as obras em execução na mesma, indicando e regulamentando o tráfego para permitir fluidez enquanto a rodovia estiver em obra.

São objetivos da sinalização do trecho em obra:

- *Proteger os trabalhadores e usuários da via em geral;*
- *Advertir os usuários da via sobre a intervenção realizada, de forma a identificar seu caráter temporário;*
- *Canalizar o usuário da via, estabelecendo os limites destinados ao tráfego e à intervenção;*
- *Fornecer informações precisas, claras e padronizadas;*
- *Regulamentar a circulação e outros movimentos, para reduzir os riscos de acidentes e congestionamentos;*
- *Assegurar a continuidade dos caminhos e os acessos às edificações lindeiras;*
- *Orientar os usuários sobre caminhos alternativos e a obra;*
- *Diminuir o desconforto causado à população da área afetada pela intervenção.*

O projeto de sinalização em fase de obras direciona a circulação no trecho em obras para uma estrada lateral, possibilitando o tráfego ordenado, mesmo durante a execução da obra, com exceção do momento de execução das pontes onde foi previsto a interrupção completa do tráfego.

Para isso foi prevista a utilização de placas de regulamentação de limite de velocidade (R-19), placas de advertência em obras ou serviço (A-24), placas indicativas com informações de distâncias, desvio, fim do trecho em obras, e dispositivos auxiliares como cavaletes.

Como critério de implantação para fase de trabalho, devem ser levadas em conta os seguintes critérios básicos:

- *Toda a sinalização deve ser implantada antes do início da execução dos serviços;*
- *A implantação deve ser iniciada na área de retorno à situação normal;*
- *Os sinais só devem ter validade durante a efetiva realização dos serviços. Assim, devem ser cobertos enquanto a canalização não estiver implantada;*
- *Se a sinalização temporária entrar em conflito com a sinalização normal da rodovia, esta deve ser coberta ou removida até a desativação dos serviços;*
- *Para obras localizadas em zonas urbanas, devem ser tomadas algumas precauções como, divulgação em meio de comunicação, dos trechos em obras, sua duração, e outros problemas que irão interferir no tráfego normal.*

A sinalização deste período consiste em um conjunto de sinalizações verticais e dispositivos auxiliares, que indiquem as obrigações, limitações, proibições ou restrições que regulamentam o trecho anormal da rodovia, advertindo sobre mudanças das condições da pista que possam afetar a segurança, e indicando caminhos alternativos para transpor o trecho com interferências temporárias.

No projeto em questão é constituída por:

Sinais de Regulamentação: Tem como objetivo notificar o usuário sobre as restrições proibições e obrigações que governam o uso da via, cujo desrespeito constitui infração de trânsito. Não tem suas características alteradas.

Sinais de Advertência Temporária: Tem como objetivo advertir os usuários, com antecedência, sobre alterações ocorridas na via em decorrência de obra e/ou serviço, permitindo ao usuário identificar seu caráter temporário. Possuem características próprias de cor, com fundo e orla externa na cor laranja, orla interna, tarja, legendas e símbolos na cor preta.

Sinais de Orientação de Destino: Tem como objetivo indicar aos condutores os novos percursos a serem seguidos, em função de interferências por obra ou serviço. Possuem os mesmos critérios de diagramação e dimensionamento da sinalização de orientação definitiva e diferenciação nas características de cor onde devem ter fundo e orla externa na cor laranja, orla interna, tarja, legendas e símbolos na cor preta.

Dispositivos Auxiliares: Os dispositivos auxiliares são posicionados sobre a pista ou sobre o acostamento, delineando as áreas de trânsito restrito e chamando a atenção dos motoristas para as condições anormais do tráfego. Foram utilizados neste projeto:



- Barreira Móvel com Cavalete Articulado: Dispositivo móvel que tem a função de bloquear total ou parcialmente a passagem de veículos ou pedestres, por períodos curtos, em situações de emergência, obra, serviço ou operação de trânsito.

Figura 72: Barreira Móvel com Cavalete Articulado

11 PROJETO DE OBRAS COMPLEMENTARES

Para a elaboração do Projeto de Obras Complementares foram tomados como elementos básicos os resultados do Projeto Geométrico. Para o desenvolvimento do projeto de obras complementares foram aplicadas as orientações contidas nas seguintes publicações do DNIT:

- *Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e projetos Rodoviários – 2006;*
- *Defensa Metálica – DNER-ES 144/85;*
- *Defensas Metálicas – Projeto e Implantação NBR 6971/1999;*
- *Cerca de Arame Farpado – DNIT 099/2009-ES;*
- *Mourão de madeira para cercas de arame farpado – DNER-EM 033/94 e NBR 9480/1986;*
- *Manual de Projeto e Práticas Operacionais para Segurança nas Rodovias – IPR 741/2010;*

O Projeto de Obras Complementares tem como objetivo fornecer maior conforto e segurança aos usuários de uma determinada via. O projeto de obras complementares para o trecho em questão consiste dos seguintes serviços:

- Implantação de defesa metálica simples e dupla do tipo semimaleável, nos bordos de aterros elevados, trechos em curvas, proteção da sinalização vertical e obstáculos as margens da rodovia, proteção e acesso as obras de arte;
- Os terminais abatidos (enterrados) foram projetados no início e fim de proteções com defesa metálica semimaleável simples, observando o sentido do fluxo dos veículos e a velocidade de projeto da via;
- Dispositivo de transição de defesa metálica para barreira de concreto;
- Aplicação de semeadura manual nos taludes e canteiros centrais;
- Remoção e implantação de cercas de madeira;
- Remoção e implantação de grades;
- Remoção e implantação de muros;
- Construção de ciclovia promovendo segurança e conforto aos ciclistas;
- Construção de calçada promovendo segurança e conforto aos pedestres.

11.1 CADASTRO DE INTERFERÊNCIAS

No projeto em questão foram identificados alguns conflitos entre postes de energia e a concepção da via a ser implantada. Assim como apresentado nas notas de serviço (álbum de desenhos) foi identificada a necessidade de relocação de 8 postes.

11.2 CALÇADA DE PEDESTRE

A Calçada é a parte do logradouro público reservada para a circulação dos pedestres. Ela é mais alta em relação à pista de rolamento para veículos e, vai da quina do meio-fio até o início do terreno ou lote. Parte da calçada também pode ser utilizada para colocação de postes e equipamentos das concessionárias de energia e telecomunicações, árvores e elementos de sinalização oficial, lixeiras, dentre outros.

A inclinação no sentido longitudinal da calçada deve acompanhar o meio-fio, ou na falta desse, a inclinação da pista utilizada para circulação de veículos.

Deve ser garantida a continuidade (nível e caminho horizontal) entre os passeios vizinhos. Um eventual desnível entre os passeios deve ser solucionado com rampa, cuja inclinação máxima será de 12,5% quando a inclinação natural do terreno for inferior a 12,5%.

Não é permitida a calçada em mau estado de conservação, ou seja, onde existam buracos, ondulações, partes quebradas ou desagregadas, soltas ou fora do nivelamento do calçamento que, de qualquer forma, prejudiquem a perfeita trafegabilidade ou circulação segura das pessoas.

11.3 CICLOVIA

A Ciclovia é a pista destinada à circulação de ciclistas, proporcionando maior conforto e segurança para quem circula na região. No projeto em questão a ciclovia está projetada no canteiro central, com largura de 2,0 metros para circulação dos ciclistas, prevendo folgas laterais entre o bordo da ciclovia e a pista de rolamento.

Para a travessia do ribeirão Santo Antônio foi proposta a implantação de uma passarela.

Esta passarela terá extensão de 30 metros.

11.4 RECUPERAÇÃO VEGETAL

O serviço de proteção de taludes e encostas deve visar a ação contra o efeito de agentes erosivos e processos de deslocamento de partículas finas de solo (assoreamento), que danificam ou reduzem a capacidade do sistema de drenagem superficial de proteção do corpo estradal ou favorecem a instabilidade geomecânica destes locais.

Além do processo citado, a preocupação com qualquer área exposta pertencente ao corpo estradal, fez com que para evitar processos erosivos nas áreas de talude adotasse a aplicação de revestimento vegetal por hidrosemeadura.

O plantio deve ainda, ser executado imediatamente após o uso da área ou a confecção do corpo estradal, para evitar degradação por processos erosivos através de exposição às intempéries.

11.5 DEFENSA METÁLICA

As defensas são dispositivos de proteção, semimaleáveis ou maleáveis, contínuos, com forma, resistência e dimensões capazes de possibilitar que veículos desgovernados sejam reconduzidos a pista, sem brusca redução de velocidade, nem perda de direção, causando o mínimo dano ao veículo, aos ocupantes e ao próprio dispositivo.

A necessidade de adoção de defensas no projeto foi direcionada pelas observações relacionadas às condições da pista e características do tráfego. Dessa forma, foram dispostas nas aproximações das pontes, tendo em vista, canteiros centrais e bordos de aterros de altura elevada. As defensas propostas em projeto são as do tipo simples semimaleáveis. Este modelo tem o poste mais rígido que o da maleável, ficando a maior tendência de deformação nas lâminas e nos espaçadores simples. Neste dispositivo o espaçamento entre postes é de 4 m.

11.5.1 Terminais de Dispositivos de CONTENÇÃO Longitudinal

Todo sistema de contenção deve ser introduzido e encerrado de forma segura. Assim, todo terminal de dispositivo de contenção longitudinal que tenha a possibilidade de ser impactado deve ter características de minimizar os efeitos de impacto.

Para ser considerado seguro, um terminal não pode penetrar, fazer saltar ou capotar um veículo que impacte frontalmente ou em ângulo.

De acordo com a classificação adotada pela NBR 15486/2016 os terminal de entrada e saída utilizados foram:

- Terminal abatido (enterrado): conjunto composto por quatro módulos de defesa, variando na altura desde a posição de projeto até a extremidade totalmente enterrada, que deve ser firmemente fixada ao solo, por meio de peça apropriada. É vedado o seu uso em locais com velocidade de projeto maior ou igual a 60 km/h. O terminal desviado é aquele que a

extremidade do dispositivo de contenção longitudinal é defletida horizontalmente, prosseguindo até o limite da zona livre possibilitando a ancoragem de forma segura.

- Transição: sistema que faz a transição adequada entre diferentes sistemas de contenção, de forma a dar continuidade à proteção lateral, prevenindo o efeito de embolsamento, enganchamento ou penetração do sistema na área de transição entre os sistemas de contenção.

11.5.2 Cerca de Madeira, Grade e Muro

A implantação da cerca de arame, grade e muro deve ser feita em substituição aos elementos suprimidos pelo conflito com a execução dos trechos projetados.

12 PROJETO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS

A travessia do Ribeirão Santo Antônio está definida com 24,50 metros de largura, sendo composta por duas passagens de vias e uma ciclovia entre as passagens, e 30,00 metros de comprimento, sendo a infraestrutura constituída de berços apoiados sobre estacas tipo Raiz, sendo cada berço, apoiado sobre 24 estacas raiz com diâmetro de 41 cm, que deverão ser executadas a uma profundidade média de 8,00 metros, cada estaca, devido as condições do solo, na região de implantação da ponte.

Os berços foram alterados para moldados no local, se apoiarão sobre as estacas tipo Raiz, usadas também para a fixação das alas de encabeçamento do berço.

A superestrutura está constituída de 24 vigas pré-fabricadas em concreto armado e protendido, com seção transversal (40/18/100x140) em formato "T".

O tabuleiro armado com armação convencional em Aço CA-50, com espessura de 25 centímetros, que será o elemento de solidarização das peças pré-fabricadas, executado no local.

A ponte está dimensionada para CLASSE-TB-450.

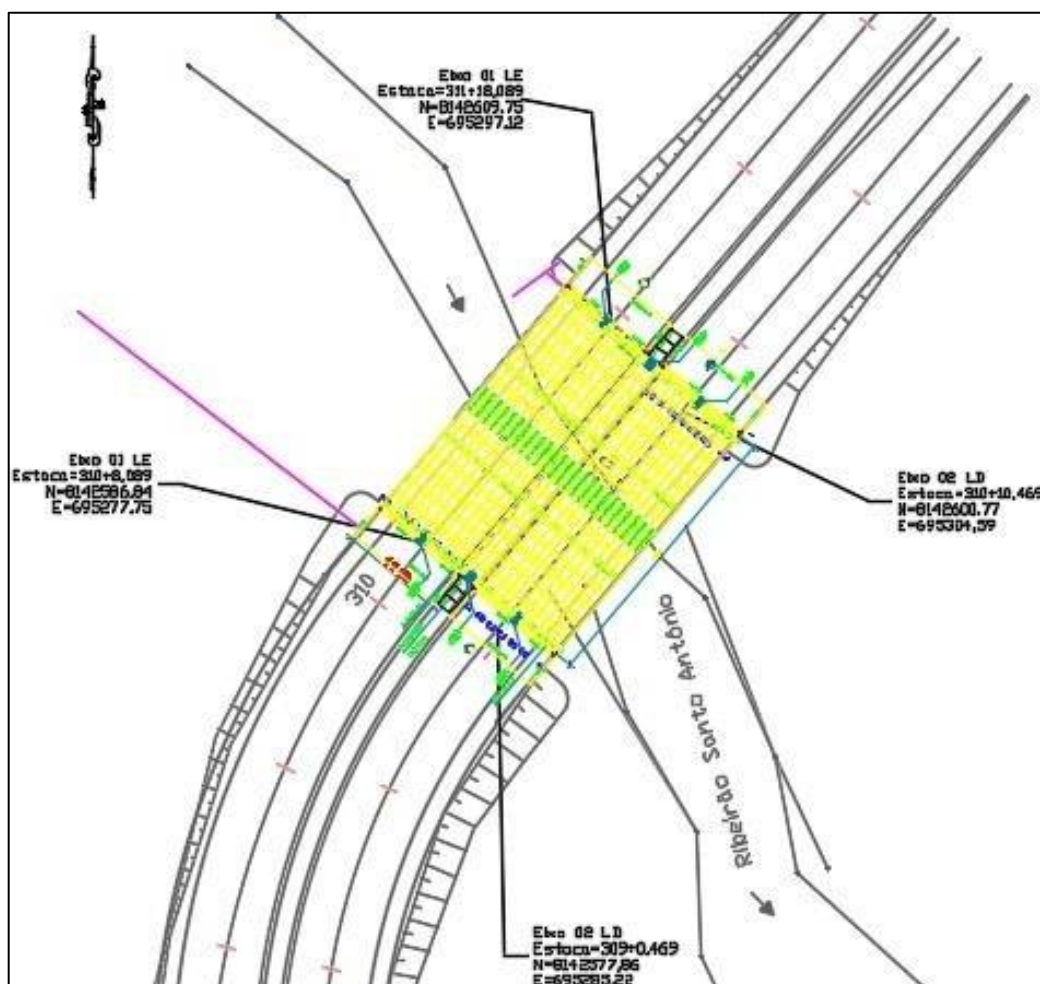


Figura 73: Vista Superior da OAE projetada (Ponte Direita + Ciclovia + Ponte Esquerda).

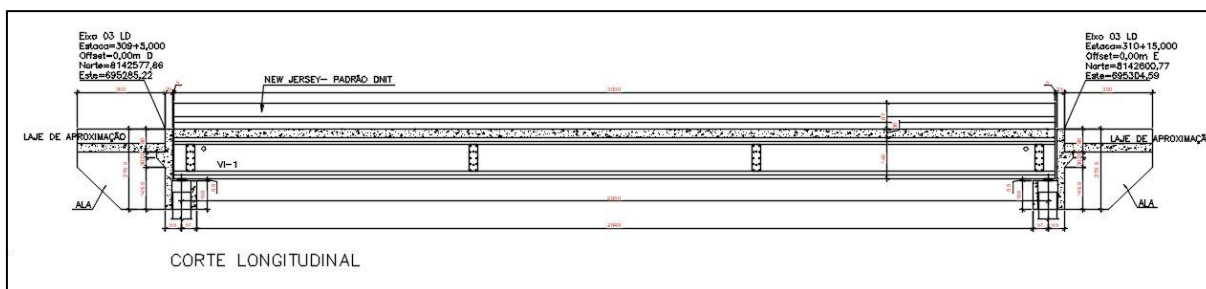


Figura 74: Vista Lateral da OAE (Seção Longitudinal).

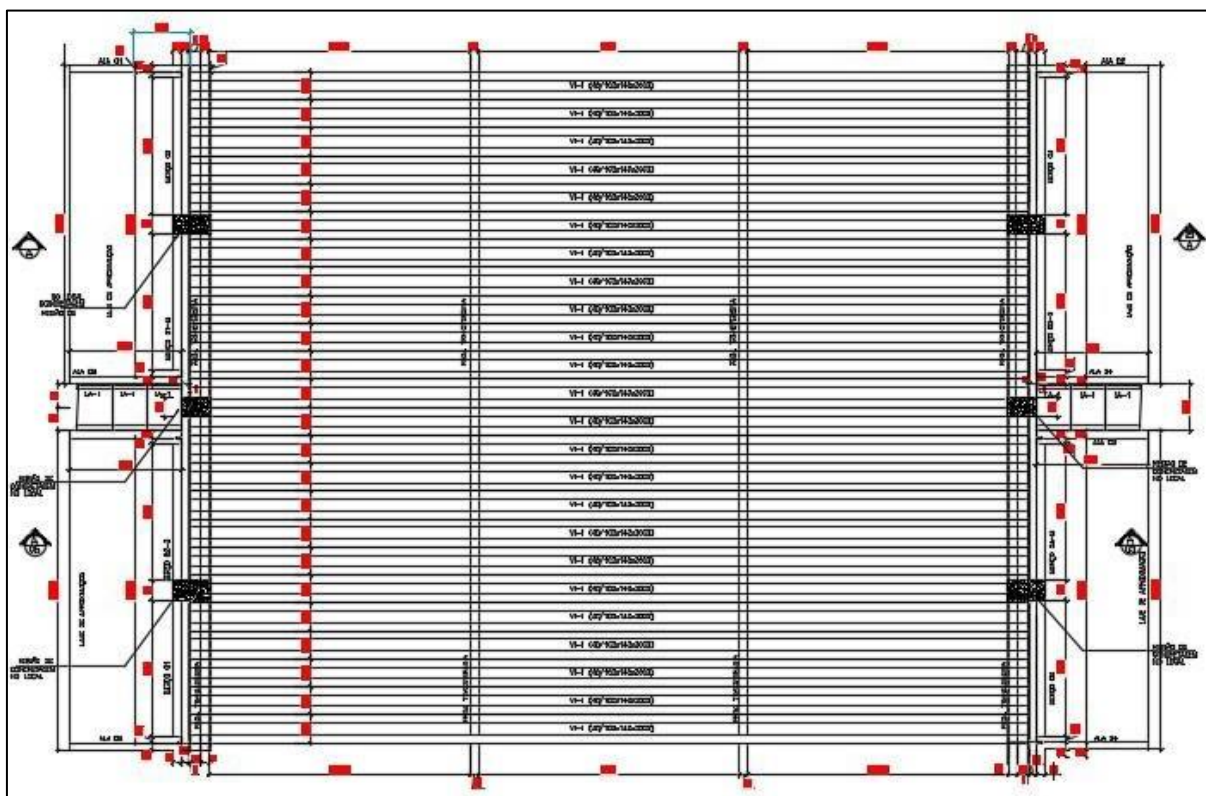


Figura 75: Vista Superior da OAE (Fôrma do Tabuleiro).

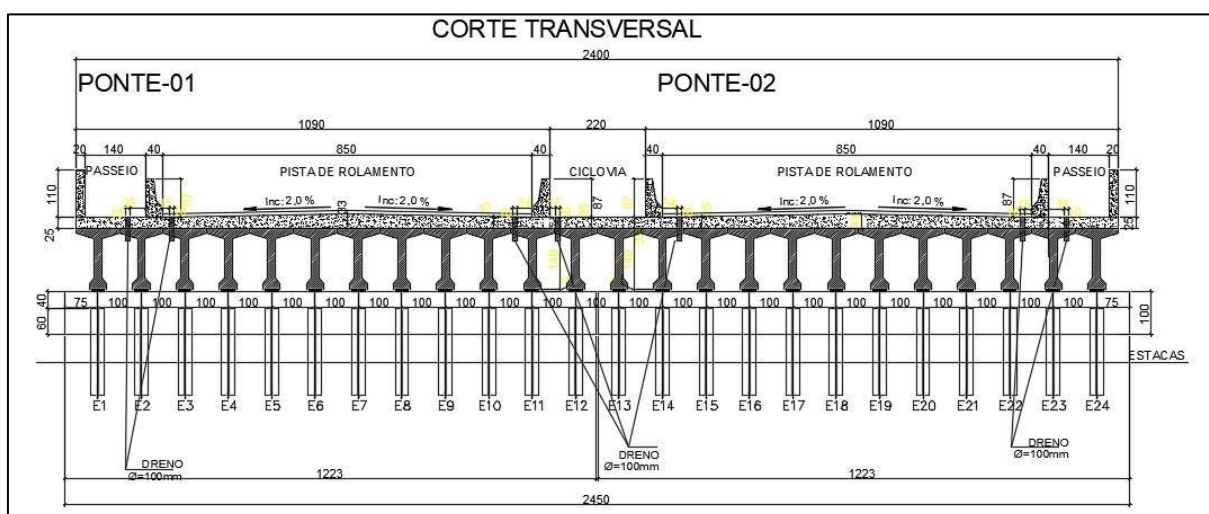


Figura 76: Corte Transversal da OAE.

12.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E NORMAS TÉCNICAS

- **NBR-8681** - Ações e segurança nas Estruturas- procedimento.
- **NBR-6118** - Projeto de Estruturas de Concreto-Procedimento.
- **NBR-7188** - Carga Móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestres.
- **NBR-6120** - Cargas para cálculo de estruturas de edificações-Procedimento.
- **NBR-6122** - Projeto e execução de Fundações.
- **NBR-6123** - Forças devido ao vento nas edificações.
- **NBR-9062** – Projeto e Execução de Estruturas Pré-moldado.
- **698/100** – Manual de Projetos de Obras-de-Arte Especiais – MT -1996.

12.2 MATERIAIS UTILIZADOS

- **Concreto C50 (para peças protendidas)**

$F_{ck} = 50 \text{ Mpa}$

$E_{ci} = 35.000 \text{ Mpa}$ (Tabela 8.1 – NBR-6118)

$E_{cs} = 32.500 \text{ Mpa}$ $\rho_c = 25 \text{ kN/m}^3$

- **Concreto C30 (para peças moldadas no local e capeamento)**

$F_{ck} = 30 \text{ Mpa}$

$E_{ci} = 27.000 \text{ Mpa}$ (Tabela 8.1 – NBR-6118)

$E_{cs} = 19.5.000 \text{ Mpa}$

$\rho_c = 25 \text{ kN/m}^3$

- **Aço CA-50**

$F_{yk} = 500 \text{ Mpa}$

$E_s = 210.000 \text{ MPa}$

$\rho_c = 78,5 \text{ kN/m}^3$

- **Aço CP-190-RB**

$F_{yk} = 1900 \text{ Mpa}$

$E_s = 196.000 \text{ MPa}$ (Especificação do Fabricante: Acelor) $\rho_c = 78,5 \text{ kN/m}^3$

- **Classe de Agressividade:**

CAA II - Moderada / Urbana (Tabela 6.1 – NBR-12655/6118) Cobrimento com rígido controle de qualidade

Cobrimento nominal = 30 mm

Conforme itens: 9.2.1.1.2–NBR-9062 e 7.4.7.4-NBR-6118

Fator Água/cimento $\leq 0,55$

Aditivos Plastificantes: Visconcrete / Precast (Sika)

Controle de Cura do Concreto Pré-moldado: Cura úmida.

12.3 CONSIDERAÇÕES PARA VIGAS PRÉ-MOLDADAS TIPO “T”:

- Concreto: $F_{ck} = 50 \text{ MPa}$.
- Aço: CA-50 / CP-190-RB
- Dados da peça (VPU) : Seção transversal (40/18/100x140) (cm)
- Comprimentos das peças: 3000 cm (trechos principais)
- Comprimento de fabricação: variando neste intervalo em 1,0 cm
- Ponte Classe TB-45
- Coeficiente de impacto: $\phi \text{ (CIV)} = 1,35$ (segundo a norma NBR-7188:2013)
- Coeficiente do número de faixas: $CNF = 1,0$ (duas faixas)
- Coeficiente de impacto adicional: $CIA = 1,25$ (estrutura em concreto)
- Inclinação da placa de entrada = 10°
- Escondidade do tabuleiro: 0°
- Espessura do capeamento: 25 cm (capeamento)
- Revestimento em Camada asfáltica: 7 cm (em função da variação de compactação da camada asfáltica).
- Consideradas 4 faixas de contraventamento nas vigas longarinas sendo, 1 na proximidade de cada apoio e duas espaçadas equidistantes no centro do vão, para garantir a homogeneidade do posicionamento das peças apoiadas sobre o berço, e alinhamento das longarinas, antes da execução do capeamento da laje.
- $\phi t = (CIV) + (CNF) + (CIA): 1,6875$
- O coeficiente majorador de cargas (X_f), terá duas considerações:
 - $X_{f1} = 1,35$ para cargas permanentes
 - $X_{f2} = 1,50$ para cargas acidentais (trem-tipo) e secundárias.

12.4 PREMISSAS DO MODELO CONSTRUTIVO ADOTADO

A solução estrutural adotada para a OAE foi definida com base em critérios técnicos, econômicos, executivos e geotécnicos, buscando adequada compatibilidade entre desempenho estrutural, viabilidade construtiva, durabilidade e segurança da estrutura.

12.4.1 Superestrutura

Para a superestrutura, adotou-se a utilização de longarinas pré-moldadas protendidas por pré-tração, associadas ao sistema com longarinas justapostas. Essa solução apresenta elevada eficiência estrutural e permite significativa racionalização construtiva, com redução de atividades executadas “in loco”, tais como formas, escoramentos e etapas adicionais de concretagem no vão.

A adoção de elementos pré-moldados possibilita fabricação em ambiente industrial controlado, garantindo maior controle geométrico, de resistência do concreto e da protensão, resultando em melhor qualidade final e maior durabilidade da estrutura. Adicionalmente, permite a execução simultânea das etapas de fabricação e infraestrutura, contribuindo para redução do prazo global da obra e maior previsibilidade executiva.

Em comparação à solução moldada integralmente “in loco”, a alternativa pré-moldada reduz interferências no campo, riscos operacionais e variabilidade executiva, sendo solução amplamente utilizada em obras de características similares.

12.4.2 Sistema estrutural – pré-tração

A utilização de longarinas protendidas por pré-tração mostrou-se mais eficiente sob os aspectos técnico e econômico quando comparada às soluções em estrutura metálica e concreto protendido por pós-tração.

Em relação às estruturas metálicas, a solução em concreto protendido apresenta menor custo de manutenção e maior durabilidade, sobretudo quanto à resistência à corrosão. Já em comparação ao sistema por pós-tração, a pré-tração apresenta maior simplicidade executiva e melhor eficiência produtiva, dispensando parte significativa dos serviços especializados associados à execução da protensão em campo.

Destaca-se ainda que a solução adotada não apresenta restrições logísticas relevantes quanto ao transporte e lançamento das vigas, sendo compatível com as condições do empreendimento.

12.4.3 Sistema com longarinas justapostas

A adoção de longarinas justapostas apresenta vantagens relevantes tanto do ponto de vista estrutural quanto executivo. Estruturalmente, a maior quantidade de elementos longitudinais favorece a distribuição transversal dos esforços e aumenta a redundância do sistema, reduzindo a dependência de elementos isolados e mitigando riscos associados a falhas localizadas.

Do ponto de vista construtivo, a solução reduz significativamente a necessidade de execução de armaduras, formas e concretagens intermediárias entre vigas, podendo inclusive eliminar a necessidade de pré-lajes intermediárias. Isso resulta em maior simplicidade executiva, aumento da produtividade em campo e melhoria das condições de segurança operacional.

12.4.4 Infraestrutura

Quanto à infraestrutura, adotou-se fundação em estaca raiz, em função da presença de material rochoso identificada nas investigações geotécnicas.

A estaca raiz apresenta elevada adaptabilidade executiva, permitindo perfuração e embutimento em rocha, o que favorece o desempenho geotécnico e a confiabilidade da fundação. Em comparação às estacas cravadas (pré-moldadas ou metálicas), apresenta maior viabilidade nas condições locais, uma vez que essas soluções possuem limitações executivas em materiais rochosos.

Adicionalmente, os dados de sondagem indicam ausência de camadas de solo com espessura e capacidade suficientes para viabilizar, de forma eficiente, soluções apoiadas exclusivamente em solo, reforçando a adequação da alternativa adotada.

12.4.5 Compatibilidade entre Solução de Projeto e Orçamento

A solução estrutural adotada em projeto corresponde a longarinas pré-moldadas protendidas por pré-tração. No orçamento, foram contemplados os insumos, materiais, processos executivos e condições logísticas necessárias à fabricação, transporte e montagem das longarinas previstas para a OAE.

Os quantitativos considerados permanecem compatíveis com os elementos estruturais definidos em projeto, incluindo concreto, aço, protensão, formas, fabricação industrial, içamento e transporte das vigas até o local da obra.

As premissas logísticas adotadas para fabricação e transporte foram definidas com base em distâncias compatíveis com a localização de polos industriais e fornecedores especializados, garantindo coerência com as condições executivas do empreendimento.

Ressalta-se que, embora as composições referenciais utilizadas apresentem nomenclatura associada ao sistema de pós-tração, os serviços, materiais, equipamentos e condições executivas considerados são compatíveis com a solução em pré-tração adotada em projeto, não implicando alteração no comportamento estrutural global, na geometria da superestrutura ou na ordem de grandeza dos custos.

Dessa forma, não se verifica incompatibilidade técnica entre o orçamento elaborado e a solução estrutural prevista, mantendo-se a coerência entre os documentos do projeto.

13 DIAGRAMA DE LOCALIZAÇÃO DAS FONTES DE MATERIAIS PARA PAVIMENTAÇÃO E INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS

A seguir é apresentado o diagrama linear das fontes de materiais para pavimentação e do canteiro de obras que foi considerado junto a estaca 134+0,000 do trecho em projeto.

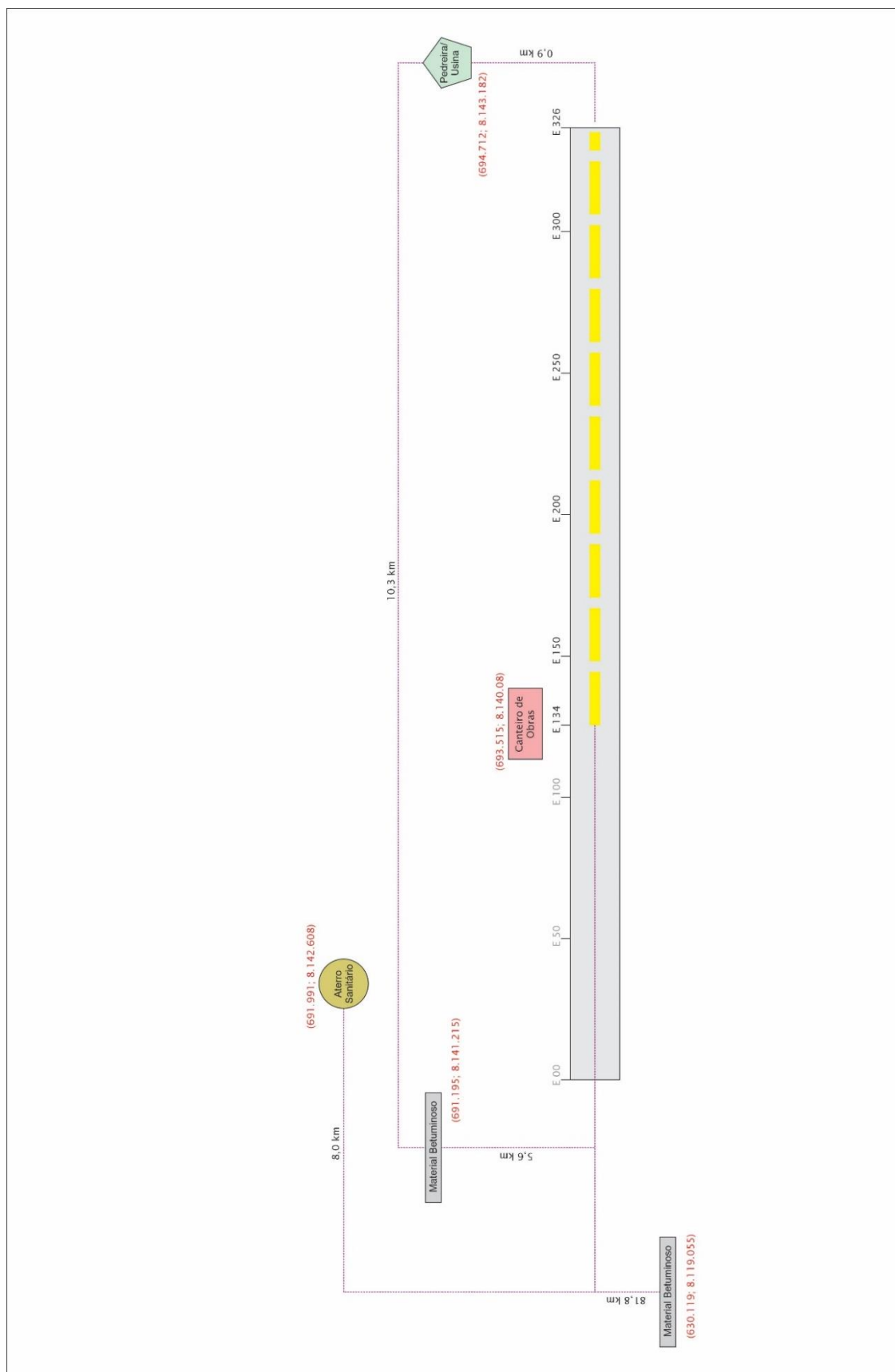


Figura 77: Diagrama de localização das fontes de materiais para pavimentação e instalações industriais

14 ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇO

A seguir são listadas todas as especificações de serviço que foram consideradas na elaboração do Projeto Executivo de Engenharia para Implantação da Ligação Viária Avenida Copacabana / Vale das Pombas.

SERVIÇO	ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO
TERRAPLENAGEM	
Escav. e carga de mat 1ª cat	DNIT 107/2009-ES - Terraplenagem - Empréstimos
Compactação de aterros a 100% Proctor Normal	DNIT 108/2009-ES - Terraplenagem - Aterros
Compactação de aterros a 100% Proctor Intermediário	DNIT 108/2009-ES - Terraplenagem - Aterros
Acabamento e recomposição de empréstimo	DNIT 102/2009-ES - Proteção do corpo estradal - Proteção vegetal
PAVIMENTAÇÃO	
Regularização e compactação do subleito	DNIT 137/2010-ES: Pavimentação – Regularização do subleito
Sub-base solo estabilizado granul. s/ mistura	DNIT 139/2010-ES: Pavimentação – Sub-base estabilizada granulometricamente
Base solo estabilizado granul. s/ mistura	DNIT 140/2010-ES: Pavimentação – Base de solo melhorado com cimento
Imprimação	DNIT 144/2014-ES: Pavimentação asfáltica – Imprimação com ligante asfáltico convencional
Tratamento Superficial Duplo c/ emulsão BC	DNIT 147/2012-ES: Pavimentação asfáltica - Tratam. Superf. Duplo com ligante asfáltico convencional
Pintura de ligação	DNIT 145/2012-ES: Pavimentação – Pintura de ligação com ligante asfáltico convencional
Concreto Betuminoso Usinado a Quente - binder AC/BC	DNER-ES 385/99 - Pavimentação - concreto asfáltico com asfalto polímero
Concreto Betuminoso Usinado a Quente - capa de rolamento AC/BC	DNER-ES 385/99 - Pavimentação - concreto asfáltico com asfalto polímero
Remoção mecanizada de revestimento betuminoso	DNIT 085/2006-ES - Demolição e remoção de pavimentos: asfáltico ou concreto
SERVIÇO	ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO
DRENAGEM	
Demolição de dispositivos de concreto simples	DNIT 081/2006-ES - Remoções no concreto
Demolição de dispositivos de concreto armado	DNIT 081/2006-ES - Remoções no concreto
Meio fio com sarjeta - MFC 01 e MFC 03 (AC/BC)	DNIT 020/2006- ES - Drenagem - Meios-fios e guias
Meio fio sem sarjeta - MFC 05 (AC/BC)	DNIT 020/2006- ES - Drenagem - Meios-fios e guias
Sarjeta de canteiro – STC 01 e STC 07(AC/BC)	DNIT 018/2006- ES - Drenagem - Sarjetas e valetas de drenagem
Sarjeta de canteiro – SCC 01 (AC/BC)	DNIT 018/2006- ES - Drenagem - Sarjetas e valetas de drenagem
Entrada d'água - EDA 01 (AC/BC)	DNIT 021/2004- ES - Drenagem - Entradas e descidas d'água
Entrada d'água - EDA 02 (AC/BC)	DNIT 021/2004- ES - Drenagem - Entradas e descidas d'água
Descida d'água de aterros tipo rápido - DAR 03 (AC/BC)	DNIT 021/2004- ES - Drenagem - Entradas e descidas d'água
Descida d'água de aterros em degraus - DAD 02 (AC/BC)	DNIT 021/2004- ES - Drenagem - Entradas e descidas d'água
Caixa coletora de sarjeta – CCS 01 (AC/BC)	DNIT 026/2004- ES - Drenagem – Caixas coletoras
Dissipador de energia - DEB 01 (AC/BC/PC)	DNIT 022/2006- ES - Drenagem - Dissipadores de energia
Dissipador de Energia – DES 01 e DES 02 (AC/PC)	DNIT 022/2006- ES - Drenagem - Dissipadores de energia
Escavação mecâniz./ manual de material 1A cat.	DNIT 030/2004- ES - Drenagem – Dispositivos de drenagem pluvial urbana

Geotêxtil não tecido agulhado RT-14 ou equivalente	DNIT 015/2006- ES - Drenagem - Drenos subterrâneos
Areia comercial	DNIT 015/2006- ES - Drenagem - Drenos subterrâneos
Enrocamento de pedra jogada	DNIT 015/2006- ES - Drenagem - Drenos subterrâneos
Revestimento vegetal com mudas	DNIT 102/2009-ES - Proteção do corpo estradal - Proteção vegetal
OBRAS COMPLEMENTARES	
Defensa semimaleável simples (forn./impl.)	NBR 6971/2012 - Defensas metálicas – Implantação NBR 15486/2016 - Segurança no Tráfego – Dispositivos de Contenção Viária – Diretrizes de Projeto e Ensaios de Impacto
Ancoragem defesa semimaleável simples (forn./impl.)	NBR 6971/2012 - Defensas metálicas – Implantação NBR 15486/2016 - Segurança no Tráfego – Dispositivos de Contenção Viária – Diretrizes de Projeto e Ensaios de Impacto
Terminal absorvedor de energia Obex P2	NBR 6971/2012 - Defensas metálicas – Implantação NBR 15486/2016 - Segurança no Tráfego – Dispositivos de Contenção Viária – Diretrizes de Projeto e Ensaios de Impacto
Barreira de segurança simples	NBR 14885/2016 – Segurança no Tráfego – Barreiras de Concreto
Trecho inicial barreira de segurança simples	NBR 14885/2016 – Segurança no Tráfego – Barreiras de Concreto
Terminal abatido barreira de segurança simples	NBR 14885/2016 – Segurança no Tráfego – Barreiras de Concreto
Conf. Lanç. De concreto magro em betoneira AC/BC	DNER ES-330
Revestimento vegetal com grama em leivas	DNIT 102/2009-ES - Proteção do corpo estradal - Proteção vegetal
SINALIZAÇÃO	
Pintura faixa c/ termoplástico - 3 anos (p/ aspersão)	DNIT 100/2009-ES - Obras complementares - Segurança no tráfego rodoviário – Sinalização horizontal
Pintura setas e zebado term.-3 anos (p/ aspersão)	DNIT 100/2009-ES - Obras complementares - Segurança no tráfego rodoviário – Sinalização horizontal
Forn. e implantação placa sinaliz. tot. refletiva	DNIT 101/2009-ES - Obras complementares - Segurança no tráfego rodoviário – Sinalização vertical
Forn. e colocação de tacha reflet. monodirecional	DNIT 100/2009-ES - Obras complementares - Segurança no tráfego rodoviário – Sinalização horizontal
Semipórtico metálico	DNIT 101/2009-ES - Obras complementares - Segurança no tráfego rodoviário – Sinalização vertical
OBRAS DE ARTE ESPECIAIS	
Escavação manual de cavas em material 1a cat	DNIT 116/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Serviços Preliminares
Reaterro e compactação	DNIT 116/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Serviços Preliminares
Estaca Escavada - Tipo Hélice Contínua Ø 50cm	DNIT 121/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Fundações
Arrasamento da estaca de concreto com Ø 50 cm	DNIT 121/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Fundações
Concr estr.fck=25MPa-c.raz.uso ger conf.lanç.AC/BC	DNIT 117/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Concretos, argamassas e calda de cimento para injeção
Lançamento mecânico de concreto com bomba rebocável	DNIT 117/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Concretos, argamassas e calda de cimento para injeção
Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 e CA 60	DNIT 118/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Armaduras para concreto armado
Forma comum de madeira	DNIT 120/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Fôrmas
Concr estr.fck=25MPa-c.raz.uso ger conf.lanç.AC/BC	DNIT 117/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Concretos, argamassas e calda de cimento para injeção
Lançamento mecânico de concreto com bomba rebocável	DNIT 117/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Concretos, argamassas e calda de cimento para injeção
Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50	DNIT 118/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Armaduras para concreto armado
Confeção e lançamento de concreto magro em betoneira	DNIT 117/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Concretos, argamassas e calda de cimento para injeção
Forma comum de madeira	DNIT 120/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Fôrmas
Concr estr.fck=40MPa-c.raz.c/adit.conf.lanç.AC/BC	DNIT 117/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Concretos, argamassas e calda de cimento para injeção

Lançamento mecânico de concreto com bomba rebocável	DNIT 117/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Concretos, argamassas e calda de cimento para injeção
Argamassa para reparos e grauteamento	DNIT 117/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Concretos, argamassas e calda de cimento para injeção
Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 e CA 60	DNIT 118/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Armaduras para concreto armado
Neoprene fretado forn. E aplic.	DNIT 123/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Estruturas de concreto protendido
Escoramento para Ponte	DNIT 124/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Escoramentos
Forma comum de madeira	DNIT 120/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Fôrmas
Concr.estr.fck=40MPa-c.raz.c/adit.conf.lanc.AC/BC	DNIT 123/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Estruturas de concreto protendido
Lançamento mecânico de concreto com bomba rebocável	DNIT 123/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Estruturas de concreto protendido
Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50	DNIT 118/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Armaduras para concreto armado
Cordoalha engraxada CP 190 RB d = 12,7 mm - fornecimento, preparo e colocação	DNIT 119/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Armaduras para concreto protendido
Ancoragem ativa para lajes para cordoalhas engraxadas d = 12,7 mm com placa de ancoragem, cunha tripartida e protensão	DNIT 119/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Armaduras para concreto protendido
Ancoragem passiva para lajes para cordoalhas engraxadas d = 12,7 mm com placa de ancoragem e cunha tripartida – forn. e inst.	DNIT 119/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Armaduras para concreto protendido
Lançamento de viga pré-moldada de 500 a 750 kN com utilização de guindaste	DNIT 123/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Estruturas de concreto protendido
Forma comum de madeira	DNIT 120/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Fôrmas
Concr.estr.fck=25MPa-c.raz.uso ger conf.lanç.AC/BC	DNIT 123/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Estruturas de concreto protendido
Concr.estr.fck=40MPa-c.raz.c/adit.conf.lanc.AC/BC	DNIT 123/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Estruturas de concreto protendido
Lançamento mecânico de concreto com bomba rebocável	DNIT 123/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Estruturas de concreto protendido
Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50	DNIT 118/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Armaduras para concreto armado
Forma comum de madeira	DNIT 120/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Fôrmas
Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50	DNIT 118/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Armaduras para concreto armado
Concr.estr.fck=40MPa-c.raz.c/adit.conf.lanc.AC/BC	DNIT 123/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Estruturas de concreto protendido
Lançamento mecânico de concreto com bomba rebocável	DNIT 123/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Estruturas de concreto protendido
Dreno longit.prof. p/corte em solo - DPS 08 AC/BC	DNIT 015/2006- ES - Drenagem - Drenos subterrâneos
Concr.estr.fck=40MPa-c.raz.c/adit.conf.lanç.AC/BC	DNIT 117/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Concretos, argamassas e calda de cimento para injeção
Forma comum de madeira	DNIT 120/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Fôrmas
Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50	DNIT 118/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Armaduras para concreto armado

15 TERMO DE ENCERRAMENTO

O presente volume denominado Volume 01 - Relatório de Projeto, é parte integrante do Projeto Executivo de Engenharia para Ligação Viária Avenida Copacabana / Vale das Pombas e contém 160 páginas numeradas.