

Rev	Modificação	Data	Projetista	Desenhista	Aprovo
  CONTE COM ESSA FORÇA Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes		Sítio AERÓDROMO DE GOIATUBA – GOIATUBA – GO Área do sítio GERAL			
Escala	Data JAN/2024	Desenhista	Especialidade / Subespecialidade INFRAESTRUTURA / PAVIMENTAÇÃO		
AUTOR DO PROJETO Caio Cesar de Macedo e Silva Wandel Carlos Silva Brito		CREA / UF 6311-D/GO 300021482-D/BA	Tipo / Especificação do documento MEMÓRIA DE CALCULO E QUANTITATIVOS		
VALIDADOR Gabriel Tertuliano		RUBRICA	Tipo de obra CONSTRUÇÃO	Classe geral do projeto PROJETO BÁSICO	
APROVADOR Adriano Mendes Ribeiro		RUBRICA	Substitui a	Substituída por	
RUBRICA DO AUTOR		REG. DE ARQUIVO	Codificação 05_MCQ_2024_GOIATUBA		

SUMÁRIO

1. OBJETIVO 3

2. NORMAS E BIBLIOGRAFIAS ADOTADAS..... 3

3. CONCEPÇÃO GERAL DO PROJETO 4

3.1 ESCOPO E NÃO-ESCOPO 5

4. DADOS DE ENTRADA DO DIMENSIONAMENTO 6

4.1 INFORMAÇÕES OPERACIONAIS 6

4.2 RELATÓRIOS DE CARACTERIZAÇÃO DO SOLO 6

4.3 TOPOGRAFIA 7

5. DIMENSIONAMENTO E QUANTIFICAÇÃO 7

5.1 PAVIMENTAÇÃO 7

5.2 ESCARIFICAÇÃO 9

5.3 SINALIZAÇÃO HORIZONTAL 10

5.4 TABELAS AUXILIARES DA MEMÓRIA DE CÁLCULO 10

1. OBJETIVO

Este documento tem por finalidade descrever os critérios de concepção e cálculos que nortearam o **PROJETO BÁSICO DA CONSTRUÇÃO DA PAVIMENTAÇÃO DA PISTA DE POUSO E DECOLAGEM (PPD 04/22), DA TAXIWAY E DO PÁTIO DE AERONAVES DO AERÓDROMO DE GOIATUBA – GOIATUBA – GO.**

2. NORMAS E BIBLIOGRAFIAS ADOTADAS

Para elaboração do Projeto Executivo foram observadas as seguintes recomendações, normas e leis:

- Normas da FAA:
 - AC 150/5320-6G – Airport Pavement Design and Evaluacion;
 - AC 150/5370-11B – Use of Nondestructive Testing in the Evaluation of Airport Pavements.
- Manuais e normas da GOINFRA, dentre as quais destacam-se:
 - GOINFRA ES-PAV 012/2019 – Pavimentação – Camadas de Misturas Asfálticas Usinadas a Quente;
 - GOINFRA ES-PAV 002/2019 - Pavimentação – Sub-base e Base Estabilizadas Granulometricamente com ou sem mistura;
 - GOINFRA ES-PAV 007/2019 – Pavimentação – Imprimação;
 - GOINFRA ES-PAV 008/2019 – Pavimentação – Pintura de Ligação;
 - GOINFRA ES – SIN 001/19 – Obras Complementares – Segurança no Tráfego Rodoviário Sinalização Horizontal.
- Manuais e normas do DNIT, dentre as quais destacam-se:
 - DNIT ES 031/2006 – Pavimentos Flexíveis – Concreto Asfáltico – Especificação de serviços;
 - DNIT ES 141/2010 – Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente – Especificação de serviço;
 - DNIT ES 144/2014 – Pavimentação – Imprimação com Ligante Asfáltico – Especificação de serviço;
 - DNIT ES 145/2012 – Pavimentação – pintura de ligação com ligante asfáltico convencional – Especificação de serviço;

- DNIT ES 100/2009 – Obras Complementares – Segurança no tráfego rodoviário – Sinalização Horizontal – Especificações de serviços.
- AASHTO – The AASHTO Guide for Design of Pavement Structures – 1993
- ANAC:
 - RBAC 154 – Projeto de Aeródromos;
 - RBAC 153 – Aeródromos – Operação, Manutenção e Resposta a Emergências.
- Normas da ABNT;
- Memorial de Critérios e Condicionantes:
 - GE.01/104.75/00845/02 – Pavimentação;

3. CONCEPÇÃO GERAL DO PROJETO

Para a elaboração do projeto básico para pavimentação asfáltica da PPD 04/22, da TAXIWAY e do Pátio de Aeronaves foram utilizadas as seguintes premissas:

- Escarificação dos primeiros 20 (vinte) centímetros da camada (sub-base) em cascalho presente nas áreas a serem pavimentadas;
- Compactação do material escarificado a 100% do Proctor Modificado na seguinte sequência:
 - i. Regularizar as imperfeições longitudinal e transversal, de acordo apresentado nos perfis das seções;
 - ii. Compactar os 20 (vinte) centímetros nivelando as declividades transversais, com caimento duplo do eixo para os bordos da pista, para atender às exigências de projeto estabelecidas pela ANAC, conforme apresentado nos perfis das seções.
- Executar imprimação com Asfalto Diluído tipo CM-30 ou Emulsão Asfáltica EAI;
- Aplicar camada de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) na PPD, na TWY e no Pátio de Aeronaves;
- O levantamento topográfico e cadastral foi disponibilizado pela COORDENAÇÃO DE PROJETOS DA FAIXA DE DOMÍNIO (MA-GEFAD-CPPROJ);

Para gerar o escopo do projeto a concepção se baseou na implantação da pavimentação asfáltica e implantação da sinalização horizontal.

O projeto básico de pavimentação asfáltica considerou uma vida útil de 20 (vinte) anos para a capa asfáltica.

3.1ESCOPO E NÃO-ESCOPO

Implantação de pavimentação asfáltica da faixa de rolamento da PPD e da Taxiway, visando uma adequada condição de operações:

- Implantação de pavimentação asfáltica da faixa de rolamento da PPD, Taxiway e Pátio de Aeronaves, visando uma adequada condição de operação;
- Nivelamento dos bordos da PPD para adequar as inclinações transversais as normas da ANAC, de maneira a adequar o escoamento das águas pluviais superficiais;
- Implantar a sinalização horizontal (a execução da sinalização horizontal vai depender da apresentação, por parte da Prefeitura de Goiatuba – GO, do PBZPA - (a execução da sinalização horizontal vai depender da apresentação, por parte da Prefeitura de Goiatuba – GO, do PBZPA - Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo para validação do projeto) para validação do projeto).

O projeto de pavimentação asfáltica considerou uma vida útil de 20 (vinte) anos para a capa asfáltica.

Se configurou como não-escopo:

- A elaboração do PBZPA - Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo;
- Qualquer análise operacional (comprimento de pista, rampas e zonas de proteção etc);
- Levantamentos topográficos, tendo sido utilizados os projetos previamente realizados pela GOINFRA.

4. DADOS DE ENTRADA DO DIMENSIONAMENTO

Para a determinação das especificações do pavimento, foram seguidas as diretrizes estabelecidas pela FAA, conforme referenciado no início deste relatório de dimensionamento e quantidades. Para auxiliar nesse processo, utilizou-se o software FAARFIELD, uma ferramenta desenvolvida e disponibilizada pela FAA. Para obter informações mais detalhadas sobre o dimensionamento do pavimento, consulte o documento 01_MC_2023_GOIATUBA.

Foram utilizados como dados de entrada (inputs):

- Informações operacionais do Aeródromo de Morrinhos;
- Estudo Geotécnico;
- Topografia.

4.1 INFORMAÇÕES OPERACIONAIS

As informações operacionais utilizadas para embasar as decisões, como o perfil das aeronaves empregadas no dimensionamento do pavimento, foram extraídas do Aeródromo de Morrinhos (SJ4Y). A área de operações desse aeródromo forneceu os seguintes dados operacionais:

- Movimentação de aeronaves mensal;
- Devido à baixa movimentação de aeronaves no Aeródromo, optou-se por selecionar algumas aeronaves similares às que operam em Morrinhos, com uma estimativa de crescimento anual. Para isso, foi adotada a movimentação mínima estabelecida nas normas da FAA como referência.

4.2 RELATÓRIOS DE CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

Foi conduzido um estudo geotécnico do solo para fundamentar os cálculos do dimensionamento do pavimento. Devido à urgência da demanda, a supervisora RTA ENGENHEIROS CONSULTORES, que possui contrato em vigor com a Gerência de Manutenção Viária (MA-GEMVI), foi acionada para realizar o estudo geotécnico. No entanto, devido às limitações do contrato, a análise não pôde ser completa, permitindo apenas uma análise preliminar para embasar a elaboração do projeto básico.

O estudo geotécnico identificou a presença de uma camada de cascalho com aproximadamente 40 (quarenta) cm de espessura sobre um subleito argiloso. Ambas as camadas apresentaram boas qualidades para serem utilizadas como materiais do pavimento. No entanto, devido à precariedade dos ensaios realizados, a empresa contratada deve realizar ensaios adicionais conforme as exigências normativas para subsidiar o dimensionamento do pavimento durante a elaboração do projeto executivo.

4.3 TOPOGRAFIA

Devido a urgência de prazo para entrega dos projetos não foi realizada campanha própria de topografia. Entretanto, foram cedidas pela COORDENAÇÃO DE PROJETOS DA FAIXA DE DOMÍNIO (MA-GEFAD-CPPROJ) o levantamento topográfico atualizado, dispensando a campanha própria.

Uma constatação importante do levantamento topográfico foi a deficiência nas declividades transversais, as quais estão fora dos padrões normativos.

Aliado aos documentos, o projetista realizou uma visita in loco, averiguando e constatando visualmente as informações disponibilizadas.

5. DIMENSIONAMENTO E QUANTIFICAÇÃO

5.1 PAVIMENTAÇÃO

Conforme já citado, o dimensionamento do pavimento foi apresentado em documento próprio. Sendo assim, nesse item serão apresentados os parâmetros para o nivelamento, que originaram as espessuras de eixo e bordos da PPD.

Essas espessuras definiram as seções transversais, adequando as declividades a parâmetros normativos. As inclinações originais estão descritas na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Declividades transversais originais

Lado Esquerdo			Eixo						Lado Direito		
EOV			Estaca	Pontos Notáveis da Geometria Horizontal	Pontos Notáveis da Geometria Vertical	Cota Projeto	Cota Terreno	Cota Vermelha	EOV		
Afast. (m)	Cota (m)	Incl. (%)							Afast. (m)	Cota (m)	Incl. (%)
-10.416	790.963	1.27	0+0.000			790.830	790.830	0.000	9.895	791.023	1.95
-10.939	788.499	-0.61	15+0.000			788.566	788.566	0.000	10.888	788.505	-0.57
-11.011	786.132	-0.94	30+0.000			786.236	786.236	0.000	10.976	786.159	-0.70
-11.084	783.474	-0.99	45+0.000			783.583	783.583	0.000	11.064	783.468	-1.04
-11.156	780.067	-1.37	60+0.000			780.220	780.220	0.000	11.152	780.097	-1.11
-11.180	778.956	-0.91	64+18.867			779.057	779.057	0.000	10.109	778.949	-1.07

Desse estudo podemos preceber que em alguns trechos as inclinações bordo não respeitavam a inclinação transversal especificada nas normas da ANAC (RBAC nº 154).

Sendo assim, como indentificou a necessidade de recompactar o cascalho para atender as necessidades do dimensionamento do projeto, foi também definido o nivelamento da pista e adequação a um caimento duplo (eixo – bordo esquerdo e eixo – bordo direito).

Para um maior refino das declividades foi necessário uma compensação de material (corte x aterro) atendendo ao nivelamento após compactação, conforme Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Declividades transversais compactada

Lado Esquerdo			Eixo						Lado Direito		
EOV			Estaca	Pontos Notáveis da Geometria Horizontal	Pontos Notáveis da Geometria Vertical	Cota Projeto	Cota Terreno	Cota Vermelha	EOV		
Afast. (m)	Cota (m)	Incl. (%)							Afast. (m)	Cota (m)	Incl. (%)
-10.416	790.985	-1.00	0+0.000			791.089	790.830	0.259	9.895	790.991	-1.00
-10.939	788.463	-1.00	15+0.000			788.573	788.566	0.007	10.888	788.464	-1.00
-11.011	786.115	-1.00	30+0.000			786.225	786.236	-0.011	10.976	786.115	-1.00
-11.084	783.441	-1.00	45+0.000			783.552	783.583	-0.031	11.064	783.442	-1.00
-11.156	780.084	-1.00	60+0.000			780.196	780.220	-0.025	11.152	780.084	-1.00
-11.180	778.950	-1.00	64+18.867			779.062	779.057	0.005	10.109	778.961	-1.00

Sendo assim, foi definida as declividade do pavimento asfáltico de maneira a atender ao estabelecido no RBAC nº 154, conforme Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Declividades transversais do pavimento asfáltico

Lado Esquerdo			Eixo						Lado Direito		
EOV			Estaca	Pontos Notáveis da Geometria Horizontal	Pontos Notáveis da Geometria Vertical	Cota Projeto	Cota Terreno	Cota Vermelha	EOV		
Afast. (m)	Cota (m)	Incl. (%)							Afast. (m)	Cota (m)	Incl. (%)
-9.000	790.295	-1.00	4+0.000			790.385	790.286	0.099	9.000	790.295	-1.00
-9.000	788.558	-1.00	15+0.000			788.648	788.566	0.082	9.000	788.558	-1.00
-9.000	786.210	-1.00	30+0.000			786.300	786.236	0.064	9.000	786.210	-1.00
-9.000	783.537	-1.00	45+0.000			783.627	783.583	0.044	9.000	783.537	-1.00
-9.000	780.181	-1.00	60+0.000			780.271	780.220	0.050	9.000	780.181	-1.00
-9.000	779.047	-1.00	64+18.867			779.137	779.057	0.080	9.000	779.047	-1.00

Dessa planilha pode-se observar que:

Definido o nivelamento e as cotas dos bordos e eixo as seções transversais foram geradas para toda PPD. Para calcular seu volume foi utilizado o valor médio da espessura de cada camada multiplicado pela área de intervenção, sendo a primeira camda de 3,5 (três vírgula cinquenta) centímetros e a segunda camada de 4,0 (quatro) centímetros.

A quantidade de CBUQ na PSQ ainda foi acrescida dos quantitativos da taxiway e pátio de aeronaves, uma análise similar foi realizada na taxiway e no pátio de aeronaves, e também foi acrescido os quantitativos do trecho experimental.

5.2 ESCARIFICAÇÃO

Foi prevista uma escarificação, de espessura de 20,0 (vinte) centímetros em toda área do cascalho existente onde será realizada a pavimentação asfáltica.

Essa escarificação tem o objetivo de nivelar as declividades transversais, para atender as especificações normativas, e de recompactar o material existente para atender ao Proctor especificado.

Sendo assim, o valor expresso na PSQ é tão somente essas espessuras multiplicada pela área de intervenção.

5.3 SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

A pintura da sinalização horizontal das áreas que serão pavimentada deve ser na seguinte etapa:

- Sinalização definitiva: pintar todas as sinalizações conforme projeto, inclusive as das taxiways e pátio de aeronaves.

Os quantitativos foram levantados diretamente da medição de áreas do projeto de sinalização apresentado no conjunto de projetos do empreendimento, elaborado de acordo o RBAC nº 154.

5.4 TABELAS AUXILIARES DA MEMÓRIA DE CÁLCULO

As Tabelas 5.4 e 5.5 mostram os cálculos e considerações feitas ao longo da elaboração do projeto.

Tabela 5.4 – Características geométricas: comprimento, áreas e volumes

ITEM	DESCRIÇÃO	UN	QUANT
1.0	Características geométricas da pista 04/22		
1.1	Lineares		
1.1.1	Comprimento da faixa de rolamento em CBUQ da PPD	m	1300,00
1.1.2	Largura da pista	m	21,00
1.1.3	Espessura média de recapeamento	m	0,075
1.2	Áreas		
1.2.1	Pista	m²	27300,00
2.0	Características geométricas da taxiway		
2.1	Lineares		
2.1.1	Comprimento da faixa de rolamento em CBUQ da TWY	m	93,00
2.1.2	Largura da taxiway	m	12,00
2.1.3	Espessura média de recapeamento	m	0,075
2.2	Áreas		
2.2.1	Pista	m²	1116,00
3.0	Características geométricas do pátio de aeronaves		
3.1	Lineares		
3.1.1	Comprimento da faixa de rolamento em CBUQ da Pátio	m	55,00
3.1.2	Largura da Pátio	m	45,00
3.1.3	Espessura média de recapeamento	m	0,075
3.2	Áreas		
3.2.1	Pista	m²	2475,00
ÁREA TOTAL		m²	30891,00

Tabela 5.5 – Memória de cálculo

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UN	QUANT	Observação
1.0	OVERLAY NÃO ESTRUTURA (PPD (4/22), TWY e Pátio)			
1.1	Escarificação da base existente	m3	5516,30	Considerando toda largura da área a ser pavimentada.
1.2	Regularização e Compactação a 100% do Proctor Modificado	m3	5516,30	
1.3	Transporte Local de cascalho - DMT = 3 km (para regularização das áreas a serem pavimentadas)	m3	812,55	Espalhar nas áreas a ser pavimentada de acordo seções apresentada.
1.4	Imprimação	m2	32091,00	Considerando toda largura da área a ser pavimentada.
1.5	Pintura de ligação RR-1C	m2	24291,00	Aplicar entre a primeira e a segunda camada de CBUQ
1.6	Execução de CBUQ esp. Média 7,5 cm	m3	2254,52	Ver cubagem nas tabelas das pranchas, acrescido do trecho experimental
2.0	SINALIZAÇÃO HORIZONTAL			
2.1	Pintura definitiva cor Braca	m2	1875,00	
2.2	Pintura definitiva cor Amarela	m2	240,00	
3.0	ENSAIOS EXIGIDOS PELA ANAC			
3.1	Verificação do coeficiente de atrito - microtextura	m	2300,00	Realizar no final da obra, no padrão ANAC.
3.2	Verificação da macrotextura - ensaio de mancha de areia	un	12,00	Realizar ensaios na PPD a cada 100 metros
3.3	Verificação do coeficiente de irregularidade - IRI	m	2300,00	Realizar no final da obra, no padrão ANAC.
4.0	TRECHO EXPERIMENTAL			
4.1	Comprimento	m	150,00	
4.2	Largura	m	8,00	Aplicar na pista de acesso ao Aeródromo
4.3	Espessura	m	0,05	