



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA
RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA
RODOVIA PR-272 TRECHO:
MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ

VOLUME 01: RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
REVISÃO 01

JULHO/2025

SUMÁRIO

1.	APRESENTAÇÃO.....	8
1.1.	DELIMITAÇÃO DE SUBTRECHOS	8
2.	MAPA DE SITUAÇÃO.....	9
4.	PROJETOS	10
4.1.	ANTEPROJETO GEOMÉTRICO.....	10
4.1.1.	Estudo do Traçado.....	10
4.2.	ANTEPROJETO DE INTERSEÇÕES	16
4.2.1.	Referências Consultadas	16
4.2.2.	Características Técnicas Geométricas das Interseções	16
4.2.3.	Dispositivos implantados	17
4.3.	ANTEPROJETO DE TERRAPLANAGEM	23
4.3.1.	Especificações e Normativos	24
4.3.2.	Serviços Preliminares.....	25
4.3.3.	Cortes	25
4.3.4.	Aterros	26
4.3.5.	Seleção de Materiais.....	27
4.3.6.	Categorias de Escavações	28
4.3.7.	Fator de Homogeneização de Aterros	28
4.3.8.	Dep. de Materiais Excedentes e Áreas de Empréstimo.....	29
4.3.9.	Fundação de aterros.....	30
4.3.10.	Cálculo de Volumes de Terraplenagem.....	30
4.4.	ANTEPROJETO DE DRENAGEM.....	31
4.4.1.	Introdução	31
4.4.2.	Referências Bibliográficas	31
4.4.3.	Bueiros de Talvegue	32
4.4.4.	Dimensionamento Hidráulico de Bueiros.....	33
4.4.5.	Drenagem Superficial	34
4.4.6.	Particularidades de Projeto	43
4.4.7.	Resultados.....	45
4.5.	ANTEPROJETO DE PAVIMENTAÇÃO.....	49
4.5.1.	Tráfego.....	49
4.5.2.	Fundação	53
4.5.3.	Dimensionamento	73
4.5.4.	Detalhes Técnicos.....	80

4.5.5.	Lista de Equipamentos para Execução	81
4.5.6.	Plano de Garantia do Controle de Qualidade.....	81
4.5.7.	Plano de Trabalho	86
4.5.8.	Dimensionamento de Pavimento Flexível	87
4.5.9.	Resumo das Soluções	100
4.5.10.	Especificações de Serviço	101
4.5.11.	Controle Deflectométrico	103
4.5.12.	Anexo I.....	103
4.6.	ANTEPROJETO DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTO	130
4.6.1.	Análise de Ensaaios/Levantamento em Campo do Pavimento Existente	130
4.6.2.	Estrutura do Pavimento Existente	140
4.6.1.	Tráfego.....	140
4.6.2.	Fundação	141
4.6.3.	Dimensionamento	143
4.6.4.	Detalhes Técnicos.....	149
4.6.5.	Lista de Equipamentos	150
4.6.6.	Plano de Garantia do Controle de Qualidade.....	150
4.6.7.	Sinalização Provisória de Obra	154
4.6.8.	Outras Recomendações	154
4.6.9.	Resumo da Solução de Restauração.....	157
4.6.10.	Especificações de Serviços	157
4.7.	ANTEPROJETO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS.....	159
4.7.1.	Viaduto Acesso II a Faxinal.	159
4.7.2.	Viaduto Cruzmaltina.	161
4.7.3.	Entroncamento com PR-453.....	163
4.8.	ANTEPROJETO DE SINALIZAÇÃO	165
4.8.1.	Introdução	165
4.8.2.	Sinalização e Segurança Viária.....	165
4.8.3.	Sinalização Horizontal	166
4.8.4.	Sinalização Vertical.....	169
4.8.5.	Dispositivos Auxiliares.....	173
4.8.6.	Dispositivos de Segurança Viária.....	174
4.8.7.	Especificações de Serviços e Materiais	176

4.8.8.	Considerações Finais sobre Sinalização e Dispositivos de Segurança ...	177
4.9.	ANTEPROJETO DE PAISAGISMO.....	179
4.9.1.	Metodologias de Plantio	179
4.9.2.	Hidrossemeadura.....	179
4.9.3.	Enleivamento.....	180
4.9.4.	Fator de cálculo e quantidades.....	181
4.10.	ANTEPROJETO DE OBRAS COMPLEMENTARES	183
4.10.1.	Referências Consultadas	183
4.10.2.	Relação de Dispositivos Projetados.....	183
4.11.	ANTEPROJETO DE CONTENÇÕES.....	189
4.11.1.	Referências Consultadas	189
4.11.2.	Muros de Contenção de Aterro em "L"	189
4.11.3.	Detalhe Tipo da Contenção	191
4.11.4.	Memória de Cálculo Estrutural – Muro em “L” h= 1,40	191
4.12.	ANTEPROJETO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA.....	195
4.12.1.	Diretrizes	195
4.12.2.	Volume de Tráfego Adotado.....	196
4.12.3.	Classe de Iluminação Adotada (Segundo NBR 5101).....	196
4.12.4.	Iluminância Média e Uniformidade Adotadas (Segundo NBR 5101)....	196
4.12.5.	Informações de Projeto	197
4.12.6.	Dimensionamento dos Condutores de Distribuição.....	197
4.12.7.	Entradas de Energia	198
4.12.8.	Instalação e Distanciamento Entre os Postes.....	199
4.12.9.	Postes	199
4.12.10.	Luminárias	200
4.12.11.	Cálculo Luminotécnico	201
4.13.	ANTEPROJETO DE DESAPROPRIAÇÃO	203
5.	ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – ART.....	207
6.	TERMO DE ENCERRAMENTO	208

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização	9
Figura 2: Dispositivo em Nível Projetado.	17
Figura 3: Dispositivo em Nível Projetado.	17
Figura 4: Interseção em desnível tipo diamante.	18
Figura 5: Via Marginal - Faxinal.	18
Figura 6: Vias Marginal esquerda interligando a interseção em desnível	18
Figura 7 -Dispositivo em nível projetado	19
Figura 8 – Interseção em desnível tipo diamante	19
Figura 9 - Via Marginal – Cruzmaltina, acesso a rodoviária	20
Figura 10 - Vias Marginas Cruzmaltina.	20
Figura 11 – Dispositivo em nível projetado	20
Figura 12 - Interseção em desnível projetado	21
Figura 13 – Dispositivo em nível projetado	21
Figura 14 – Dispositivo em nível projetado	22
Figura 15: Memória de Cálculo PCA/84 – Pavimento Rígido Novo	77
Figura 16: Esquema constituinte do pré-dimensionamento pelo Método do DNIT	88
Figura 17: Dimensionamento do Pavimento Flexível – Metodologia DNIT	90
Figura 18: Características do Eixo Padrão Considerado	94
Figura 19: Coordenadas dos Pontos Computacionais.....	94
Figura 20: Classificação do Tráfego segundo Ceratti et al. (2015).....	98
Figura 21: Ligantes para camada de revestimento segundo Ceratti et al. (2015)	99
Figura 22: Ligantes asfálticos para pintura de ligação e imprimação segundo Ceratti et al. (2015)	100
Figura 23: Solução de Implantação em Pavimento Rígido.....	101
Figura 24: Solução de Implantação em Pavimento Flexível	101
Figura 25: Solução de Restauração em Whitetopping	157
Figura 26: Vista em planta da estrutura	160
Figura 27: Vista longitudinal da estrutura	160
Figura 28: Vista em planta da estrutura;.....	162
Figura 29: Vista longitudinal da estrutura	162
Figura 30: Vista em planta da estrutura	163
Figura 31: Vista longitudinal da estrutura.	164
Figura 32: Casos Gerais NBR 16592/2017	172
Figura 33: Exceção: Vias com Iluminação NBR 16592/2017	173
Figura 34: Utilização de películas retrorrefletivas conforme item 4.4 da NBR 14891/2012	173
Figura 35: Seção tipo de proteção de talude com revestimento vegetal.....	181
Figura 36: Fator de Multiplicação para Taludes	181
Figura 37: Fator de multiplicação para canteiros	182
Figura 38: Faixa de Segurança da Geometria	189
Figura 39: Verificação do desnível entre pistas	190
Figura 40: Detalhe Muro de 1,40 metros de altura	191
Figura 41: Detalhe Muro de 2,50 metros de altura	191
Figura 42: Representação da Geometria da Estrutura	193
Figura 43: Representação 3D da Geometria da Estrutura.....	193
Figura 44: Instalação e distanciamento dos postes em curvas.....	199
Figura 45: Configuração para instalação de poste	200
Figura 46: Decreto de Utilização Pública nº 21820	204

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1: Relação de Dispositivos Projetados no Subtrecho 01	12
Quadro 2: Relação de Dispositivos Projetados no Subtrecho 02	12
Quadro 3: Relação de Dispositivos Projetados no Subtrecho 03	13
Quadro 4: Localização Pontos de Ônibus no subtrecho 01.....	13
Quadro 5: Localização Pontos de Ônibus subtrecho 02.....	13
Quadro 6: Localização de Terceiras Faixas.....	15
Quadro 7: Legenda	24
Quadro 8: Categorias de escavações	28
Quadro 9: Depósitos de Materiais Excedentes (DME).....	29
Quadro 10: Áreas de Empréstimo (AE).....	30
Quadro 11: Escoamento em Regime Crítico (Canal Livre).....	34
Quadro 12: Escoamento Submerso (Orifício)	34
Quadro 13: Equações de Precipitação (Método das Isozonas – Posto Papuã).....	35
Quadro 14: Equações de Precipitação (Método das Isozonas – Posto Porto Monteiro).....	36
Quadro 15: Equações de Precipitação (Método das Isozonas – Posto de Borrazópolis)	36
Quadro 16: Equações de Precipitação (Método das Isozonas – Posto de Ubá do Sul)	37
Quadro 17: Tempos de Recorrência por Tipo de Obra.....	38
Quadro 18: Coeficientes de Escoamento Superficial (Runoff)	39
Quadro 19: Coeficientes de Escoamento Superficial para Áreas Urbanas e Industriais (Runoff)	39
Quadro 20: Resultados do Subtrecho 01	46
Quadro 21: Resultados do Subtrecho 02.....	47
Quadro 22: Resultados do Subtrecho 03.....	48
Quadro 23: Caracterização dos veículos de carga de projeto	51
Quadro 24: Projeção do VDMA.....	51
Quadro 25: Cálculo do número de repetições de eixos	53
Quadro 26: Número de repetições de eixos e distribuição de cargas	53
Quadro 27: Resumo dos resultados dos ensaios laboratoriais de CBR e Expansão do Subtrecho 01.....	54
Quadro 28: Resumo dos resultados dos ensaios laboratoriais de CBR e Expansão do Subtrecho 02.....	56
Quadro 29: Resumo dos resultados dos ensaios laboratoriais de CBR e Expansão do Subtrecho 03.....	59
Quadro 30: Análise de confiança dos resultados dos ensaios laboratoriais so Subtrecho 01.	60
Quadro 31: Análise de confiança dos resultados dos ensaios laboratoriais so Subtrecho 02	63
Quadro 32: Análise de confiança dos resultados dos ensaios laboratoriais so Subtrecho 03	65
Quadro 33: Análise estatística final de CBR para o Subtrecho 01.	66
Quadro 34 Análise estatística final de CBR para o Subtrecho 02.	68
Quadro 35: Análise estatística final de CBR para o Subtrecho 03.	70
Quadro 36: Bitola, comprimento e espaçamento de barras de transferência (Aço CA-25) (PCA/84).....	78
Quadro 37: Valores mínimos para a espessura de revestimento.....	87
Quadro 38: Coeficiente de equivalência estrutural pelo Método DNIT	89
Quadro 39: Valores de módulo de resiliência	95
Quadro 40: Parâmetros de Cálculo Utilizados no ELSYM5.....	96
Quadro 41: Pavimento Flexível - Verificação Mecânica – Método do DNIT	96
Quadro 42: Pavimento Flexível - Verificação Mecânica – Tentativas e solução	97
Quadro 43: Especificações dos materiais a serem adotados para o Pavimento Rígido	102
Quadro 44: Especificações dos materiais a serem adotados para Pavimento Flexível	103
Quadro 45: Controle deflectométrico para Pavimento Flexível na execução das camadas	103
Quadro 46: Controle deflectométrico para Pavimento Rígido na execução das camadas	103
Quadro 47: Levantamento do IGG na Faixa 1 por km, Sentido Crescente	131
Quadro 48: Análise estatística de IGG na Faixa 1 por extensão, sentido crescente	133
Quadro 49: Levantamento do IGG na Faixa 1 por km, Sentido Decrescente	133
Quadro 50: Análise estatística de IGG na Faixa 1 por extensão, sentido decrescente	134
Quadro 51: Levantamento do IGG na Faixa 3 por km, Sentido Decrescente	135
Quadro 52: Análise estatística de IGG na Faixa 3 por extensão, Sentido Decrescente	135
Quadro 53: Levantamento e Análise de ATR na Faixa 1 por extensão, Sentido Crescente.....	136
Quadro 54: Levantamento e Análise de ATR na Faixa 1 por extensão, Sentido Decrescente.....	136
Quadro 55: Levantamento e Análise de ATR na Faixa 3 por extensão, Sentido Decrescente.....	136
Quadro 56: Levantamento e Análise do IRI na Faixa 1 por extensão, Sentido Crescente	137
Quadro 57: Levantamento e Análise do IRI na Faixa 1 por extensão, Sentido Decrescente	137
Quadro 58: Levantamento e Análise do IRI na Faixa 3 por extensão, Sentido Decrescente	138
Quadro 59: Classificação das deflexões	138
Quadro 60: Levantamento e Análise do Raio de Curvatura de Deflexão na Faixa 1 por extensão, Sentido Crescente	139

Quadro 61: Levantamento e Análise das Deflexão na Faixa 1 por extensão, Sentido Crescente	139
Quadro 62: Levantamento e Análise do Raio de Curvatura de Deflexão na Faixa 1 por extensão, Sentido Decrescente.....	139
Quadro 63: Levantamento e Análise das Deflexão na Faixa 1 por extensão, Sentido Decrescente	139
Quadro 64: Levantamento do pavimento existente	140
Quadro 65: Número de repetições de eixos e distribuição de cargas	140
Quadro 66: Intervenções prévias requeridas no pavimento asfáltico existente	141
Quadro 67: Condição deflectométrica da pista – Rodovia PR-272.....	142
Quadro 68: Condição deflectométrica da pista – Rodovia PR-466.....	142
Quadro 69: Ábaco da relação entre coeficiente de recalque e a deflexão estatística	143
Quadro 70: Memória de Cálculo PCA/84 – Pavimento Rígido Tipo Whitetopping	146
Quadro 71: Bitola, comprimento e espaçamento de barras de transferência (Aço CA-25) (Seg. PCA)	147
Quadro 72: fotos ilustrativas das operações de execução de restauração em Whitetopping.....	155
Quadro 73: Especificações dos materiais a serem adotados para o Pavimento Rígido	157
Quadro 74: Relação de Calçadas e Meios-fios	183
Quadro 75: Relação de Rampas de Acessibilidade	184
Quadro 76: Relação de Pontos de Ônibus.....	185
Quadro 77: Relação de Cercas a Implantar	186
Quadro 78: Relação de Cercas a Remover	187
Quadro 79: Relação de Guias rebaixadas	187
Quadro 80: Definições Aplicáveis	195
Quadro 81: Informações de Projeto	197
Quadro 82: Características Principais	201
Quadro 83: Resultado da simulação de iluminação pública.....	202
Quadro 84: Áreas a serem desapropriadas	205
Quadro 85: Áreas a serem reintegradas	205

1. APRESENTAÇÃO

O presente volume, denominado Volume 1: Relatório do Anteprojeto, é parte integrante do Elaboração de Anteprojeto de Engenharia para Restauração e Ampliação de Capacidade da Rodovia PR-272 entre o Entroncamento com a BR-376, no km 199,83 e o Entroncamento com a PR-466, km 254,64, denominado Lote 03 – Mauá da Serra a Porto Ubá.

O Anteprojeto é composta pelos seguintes volumes:

- Volume 1: Relatório do Anteprojeto
 - Volume 1A: Estudos do Subleito e do Pavimento
- Volume 2: Anteprojeto de Execução
- Volume 3: Quantitativos Estimados

1.1. DELIMITAÇÃO DE SUBTRECHOS

- Subtrecho 01: Início no entroncamento com a BR-376 (exclusive) até a interseção com o Acesso II de Faxinal (inclusive interseção), representado pelos SRE's 272S0250PRC e 272S0270PRC, totalizando 18,32 km de extensão;
- Subtrecho 02: Início no Acesso II de Faxinal (exclusive interseção) até o entroncamento com a PR-453, para Borrazópolis (exclusive interseção), representado pelos SRE's 272S0280PRC, 272S0290PRC e 272S0300PRC, totalizando 21,47 km de extensão;
- Subtrecho 03: Início no entroncamento com a PR-453 (inclusive interseção) até o entroncamento com a PRC-466, em Porto Ubá (inclusive interseção), representado pelos SRE's 272S0310PRC e 272S0320PRC, totalizando 15,02 km de extensão.

2. MAPA DE SITUAÇÃO

Figura 1: Mapa de localização



4. PROJETOS

4.1. ANTEPROJETO GEOMÉTRICO

O Anteprojeto Geométrico foi desenvolvido a partir dos dados fornecidos pelo estudo topográfico e do estudo de tráfego, complementados e ajustados de acordo com as necessidades do termo de referência, apresentando nos desenhos em planta, os elementos necessários à perfeita definição e visualização do trecho, e em perfil, o greide.

O anteprojeto baseou-se nas recomendações expressas dos manuais: Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (IPR-706/20) do DNER, Projeto de Interseções (IPR-718) do DNIT e nas Instruções para Implantação de Terceiras Faixas de 1979 do DNER.

O objetivo é o melhoramento das características geométricas do traçado atual, incluindo:

- Implantação de terceiras faixas;
- Adequação e implantação de interseções, marginais, retornos e acessos regularizados;
- Adequação e implantação de acostamentos;
- Paradas de ônibus;
- E faixas de aceleração e desaceleração.

4.1.1. Estudo do Traçado

O traçado, conforme já indicado neste relatório, está dividido em subtrechos:

- Subtrecho 01: trecho de 18,32 km, entre km 199 a 218, prevê melhoramentos e a implantação de interseções no km 215 (nível), km 217 (nível) e km 218 (desnível);
- Subtrecho 02: trecho de 21,47 km, entre km 218 a 239, prevê melhoramentos e a implantação de interseções no km 227 (nível), km 232 (desnível) e km 237 (nível);
- Subtrecho 03: trecho de 15,02 km, entre km 239 a 255, prevê melhoramentos e a implantação de interseções no km 239 (desnível), km 248 (nível) e km 254 (nível).

As seguintes características técnicas foram consideradas na elaboração do traçado da linha geral:

- Classe da rodovia: Classe I – B (classificação do DNIT);

-
- Velocidade diretriz de projeto: 80 km/h;
 - Veículo de Projeto: CA (distância entre eixos equivalentes = 9,68 m);
 - Raio Mínimo de Curva Horizontal: 230 m;
 - Superelevação máxima: 8%;
 - Gabarito vertical de OAE's: 5,5 m;

As dimensões resultantes para a seção transversal da rodovia, correspondem aos seguintes valores (seção em tangente):

- Pista de rolamento (2 faixas de rolamento): 2 x 3,60 m;
- Acostamento: 2 x 2,50 m;
- Espaço para serviços operacionais e drenagem (lado externo): 1,50 m.

Para a travessia do perímetro urbano de Faxinal, é prevista a implantação de marginal em ambos os lados para atender a alta densidade de propriedades comerciais e residenciais. Nestes casos as dimensões adotadas são as seguintes:

- Pista de rolamento (2 faixas de rolamento): 2 x 4,50 m;
- Faixa de segurança: 2 x 0,50 m;
- Passeio externo para pedestres: 2,00 m.

Nos trechos em tangente, as faixas de rolamento apresentam declividade transversal de 2%, acostamentos com declividade transversal de 5% e caimento para o bordo externo do acostamento.

Os taludes de terraplenagem em corte possuem inclinação de 1H:1V, em aterros essa inclinação é de 1,5H: 1V. Para taludes com alturas superiores a 8 m, estão previstas banquetas de 3 metros de largura e declividade transversal de 5%, sempre no sentido contrário ao do talude.

4.1.1.1. DISPOSITIVOS IMPLANTADOS

Para o Subtrecho 01:

Quadro 1: Relação de Dispositivos Projetados no Subtrecho 01

Estaca	Km	Descrição	Tipo	Sentido
780	215+020 a 215+522	Retorno	Rótula alongada	Porto Ubá - Londrina
860	216+645 ao 217+125	Retorno	Rótula alongada	Londrina - Porto Ubá
2000 a 2065	216+160 ao 217+360	Marginal Esquerda	Via Marginal	Porto Ubá - Londrina
2300 a 2305	216+920	Marginal Esquerda	Rotatória local	Faxinal
2100 a 2136	216+160 ao 216+935	Marginal Esquerda	Via Marginal	Londrina
2200 a 2209	216+160 ao 215+980	Marginal Esquerda	Via Marginal	Porto Ubá - Londrina
935	218+120	Acesso a Faxinal II	Interseção em Des-nível	Faxinal
100 a 115	218+120	Acesso a Faxinal	Ramo de cruzamento	Faxinal
200 a 221	218+120 ao 218+520	Acesso a PR-272	Alça de acesso	Faxinal - Porto Ubá
300 a 321	218+120 ao 218+500	Acesso a Faxinal	Alça de acesso	Porto Ubá - Faxinal

Para o Subtrecho 02:

Quadro 2: Relação de Dispositivos Projetados no Subtrecho 02

Estaca	Km	Descrição	Tipo	Sentido
1000 a 1080	227+020 ao 228+620	Pista Direita - Acesso a Faxinal	Abertura de pista	Londrina - Porto Ubá
2000 a 2081	227+020 ao 228+620	Pista Esquerda - Acesso a Faxinal	Abertura de pista	Porto Ubá - Londrina
1423	227+900	Acesso ao Distrito João Vieira	Interseção em Nível	Distrito João Vieira
1000 a 1072	231+580 ao 233+020	Alça de acesso a Cruzmaltina	Alça de acesso	Londrina - Porto Ubá
2000 a 2041	232+160 ao 232+980	Alça de acesso a Cruzmaltina	Alça de acesso	Porto Ubá - Londrina
100 a 113	231+980	Pista de Acesso a Cruzmaltina	Ramo de cruzamento	Cruzmaltina
200 a 228	231+600 ao 232+120	Alça de acesso a PR-272	Alça de acesso	Cruzmaltina - Londrina
0 a 51	237+100 ao 238+120	Pista Esquerda - Acesso a Faxinal	Retorno em nível	Porto Ubá - Londrina

Para o Subtrecho 03:

Quadro 3: Relação de Dispositivos Projetados no Subtrecho 03

Estaca	Km	Descrição	Tipo	Sentido
200 a 214	239+300 ao 239+580	Alça de acesso a Borrazópolis - Retorno	Alça de acesso	Londrina - Porto Ubá
300 a 314	239+580 ao 239+860	Alça de acesso a PR-272	Alça de acesso	Londrina - Porto Ubá
100 a 122	239+580	Pista de Acesso a Borrazópolis	Ramo de cruzamento	Borrazópolis
800 a 215	239+300 ao 239+580	Alça de acesso a PR-272	Alça de acesso	Porto Ubá - Londrina
500 a 517	239+580 ao 239+920	Alça de acesso a Borrazópolis - Retorno	Alça de acesso	Porto Ubá - Londrina
1000 a 1087	247+480 ao 249+220	Pista Esquerda - Acesso a Divinópolis	Abertura de pista	Porto Ubá - Londrina
500 a 504	248+460	Pista de Acesso a Divinópolis	Ramo de acesso	Divinópolis
0 a 92	253+800 ao 255+640	Pista Esquerda - Acesso a Borrazópolis	Abertura de pista	Porto Ubá - Londrina

4.1.1.2. PONTOS DE ÔNIBUS

Nos locais a serem implantados e reconstituídos os pontos de parada de ônibus, foi seguida a relação fornecida pela Gerência Técnica DER, onde conta os locais onde os pontos deveriam ser implementados.

Para o Subtrecho 01:

Quadro 4: Localização Pontos de Ônibus no subtrecho 01

LOCALIZAÇÃO						LADO
ESTACA			KM			
843	+	0,00	217	+	200	ESQUERDA
844	+	0,00	217	+	200	DIREITO

Para o Subtrecho 02:

Quadro 5: Localização Pontos de Ônibus subtrecho 02

LOCALIZAÇÃO					LADO	
ESTACA			KM			
1422	+	0,00	227	+	880	ESQUERDA
2032	+	0,00	228	+	000	DIREITO

Para o Subtrecho 03:

Não prevê ponto de ônibus.

4.1.1.3. ACESSOS LATERAIS

Não foram identificados no Sistema de Gestão da Faixa de domínio acessos regularizados (aprovados junto ao DER).

4.1.1.4. TERCEIRAS FAIXAS

De forma a melhorar as condições de operação, reduzir os custos operacionais dos veículos em aclives, reduzir os tempos de viagens e aumentar a segurança dos usuários da via, foi estudada a implantação de obras de melhorias como terceiras faixas de subida, e em segmentos com grande índice de curvas horizontais impossibilitando ultrapassagem e consequente gerando pontos de acúmulo de veículos e reduzindo a velocidade de operação.

Os critérios de avaliação foram definidos de acordo com o preconizado no Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais – DNER, 1999, e diretrizes da AASHTO.

A implantação de uma faixa adicional justifica-se quando são satisfeitos os critérios adotados:

- I. Existe uma taxa de fluxo de tráfego no aclive maior que 200 veículos/hora;
- II. O fluxo de caminhões é maior que 20 caminhões por hora no aclive;
- III. Quando uma das seguintes condições é satisfeita:
 - Ocorre uma redução de 15 km/h ou mais na velocidade do caminhão típico (120 km/h) trafegando ao longo do aclive;
 - O nível de serviço calculado para a rampa é igual ao nível E ou F;

Ocorre uma redução de dois ou mais nível de serviço em relação ao trecho antecedente ao aclive.

Dentre os requisitos acima para justificar a necessidade de uma implantação de faixa adicional de subida, o 1º e o 2º requisito são obrigatórios atender, além da comprovação do nível de serviço “D”, porém não são suficientes, pois é preciso atestar também pelo menos uma condição do 3º parâmetro. Isto é, para ser considerada a construção da terceira faixa em ascendências de vias de duas faixas, são necessárias as satisfações dos dois primeiros requisitos estabelecidos pela AASHTO em conjunto de qualquer uma das condições do terceiro, além da constatação do nível de serviço D no trecho (ARTESP, 2005).

Os segmentos encontrados onde houve a necessidade das 3ª faixas, são os seguintes:

Quadro 6: Localização de Terceiras Faixas

	Sentido	Estaca inicial			Coordenadas		Estaca final			Coordenadas		Extensão
Subtrecho 01	Norte	31	+	0	480.214	7.355.850	204	+	12	478.328	7.353.533	3.472,00
	Sul	216	+	0	478.105	7.353.487	342	+	10	476.111	7.352.212	2.530,00
	Sul	379	+	16	475.368	7.352.245	481	+	5	473.473	7.352.170	2.061,00
	Norte	470	+	0	473.673	7.352.273	750	+	0	469.607	7.348.727	5.600,00
	Sul	679	+	15	470.419	7.349.771	753	+	0	469.590	7.348.669	1.495,00
Subtrecho 02	Sul	1082	+	0	464.076	7.347.666	1135	+	0	463.031	7.347.843	1.100,00
	Norte	1215	+	0	461.615	7.347.326	1300	+	0	460.338	7.346.204	1.700,00
	Norte	1460	+	0	457.672	7.344.629	1570	+	0	455.883	7.345.823	2.200,00
	Norte	1749	+	0	452.839	7.347.464	1790	+	0	452.119	7.347.096	820
	Sul	1820	+	0	451.565	7.346.882	1900	+	0	450.371	7.346.550	1.600,00
Subtrecho 03	Norte	2042	+	0	448.146	7.346.698	2146	+	11	447.883	7.344.678	2.091,00
	Sul	2303	+	11	446.316	7.342.170	2380	+	0	445.140	7.341.285	1.525,00
	Norte	2429	+	4	444.159	7.341.331	2535	+	0	442.139	7.341.612	2.116,00
	Norte	2640	+	0	440.114	7.341.649	2809	+	10	436.948	7.340.970	3.390,00

Totalizando os três subtrechos com 31.700 m de terceira faixa.

4.2. ANTEPROJETO DE INTERSEÇÕES

O **Anteprojeto de Interseções** foi desenvolvido a partir dos dados fornecidos pelo estudo topográfico e estudo de tráfego, complementados e ajustados de acordo com as necessidades do termo de referência, apresentado nos desenhos em planta, os elementos necessários à perfeita definição e visualização do trecho, e em perfil, o greide da rodovia.

4.2.1. Referências Consultadas

- Manual da AASHTO, “A Policy on Geometric Design of Highway and Streets”.
- Traffic & Highway Engineering, Garber, N.J., Hoel, L.A. Brooks/Cole Ed., 2002.
- Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais, 1999, DNER.
- Manual de Projeto de Interseções, 2005, DNER.
- Procedimentos Básicos Para a Operação de Rodovias, 1997. DNER 699/80.
- TRB (2000) Highway Capacity Manual. Special Report 209. Cap. 12, 13, 21 e 23.
- A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, AASHTO, 2001.
- Manual de Análise, Diagnóstico, Proposição de Melhorias e Avaliações Econômicas dos Segmentos Críticos, 1988, DNER.
- Manual de Estudo de Tráfego, DNER.

4.2.2. Características Técnicas Geométricas das Interseções

As seguintes características técnicas foram consideradas na elaboração do traçado da linha geral de projeto:

- Classe da rodovia: Classe I – B (classificação do DNIT);
- Velocidade diretriz de projeto: 80 km/h;
- Velocidade de operação das curvas de conversão: 20 km/h.
- Velocidade de operação para ramos: 40 km/h.
- Terminais de acesso: Tipo taper.
- Largura de pista mínima: 5,50 (faixa de rolamento + faixa de segurança).
- Veículo de Projeto: BT9;

- Raio Mínimo de Curva Horizontal: 230 m;
- Superelevação máxima: 8%;
- Gabarito vertical de OAE's: 5,5 m;

4.2.3. Dispositivos implantados

Os seguintes dispositivos projetados:

4.2.3.1. NO SUBTRECHO 01:

4.2.3.1.1. Interseção 01

Foi projetado dispositivo em nível substituindo a rotatória existente na estaca 780 por uma rotatória alongada, permitindo as manobras de retorno mais seguras.

Figura 2: Dispositivo em Nível Projetado.



4.2.3.1.2. Interseção 02

Foi projetado dispositivo em nível substituindo a rotatória existente na estaca 872 por uma rotatória alongada, permitindo as manobras de retorno mais seguras. Este trecho do perímetro urbano de Faxinal contempla marginais ligadas por uma rotatória pela saída principal da cidade. Separando o tráfego local do tráfego da rodovia principal. A marginal segue em sentido duplo até a interseção em desnível da estaca 934 e permite os movimentos de retorno.

Figura 3: Dispositivo em Nível Projetado.



4.2.3.1.3. Interseção 03

Foi projetada interseção em desnível do tipo diamante na estaca 935 permitindo o menor impacto possível no fluxo de veículos da via principal. Após estudos de alternativas foi definido a mudança de greide da rodovia principal para comportar o dispositivo.

As faixas de rolamento foram dimensionadas a fim de se adequar o melhor possível ao terreno, evitando contenções e grandes cortes em rocha presente no local.

Figura 4: Interseção em desnível tipo diamante.



4.2.3.1.4. Marginais e Vias locais

Foram projetadas vias marginais como vias coletoras com a função de eliminar manobras de entrecruzamento, e reduzir o número de entrada e saídas na via principal.

Figura 5: Via Marginal - Faxinal.



Figura 6: Vias Marginal esquerda interligando a interseção em desnível



4.2.3.2. NO SUBTRECHO 02:

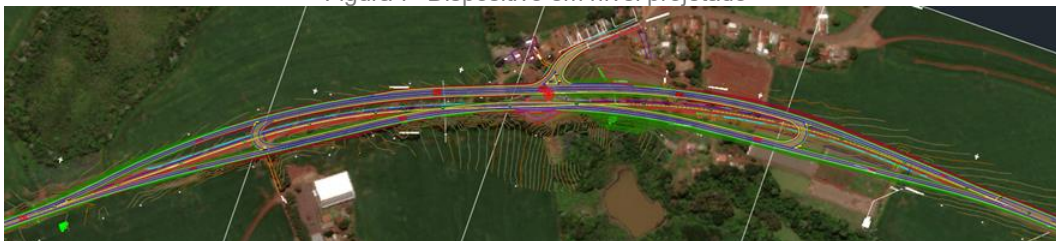
4.2.3.2.1. Interseção 01

Foi projetado dispositivo em nível na estaca 1425, sendo por uma rotatória alongada contempladas por terminais de entrada e saída possibilitando maior fluidez e segurança no tráfego na região.

Para acesso a cidade foi projetado acesso tipo “T” com ilha central com possibilidade de acesso as pistas.

Foram atendidas as solicitações de implantação de baias para pontos de ônibus na região da interseção, assim sendo necessário manter uma faixa de tráfego em frente a ilha central do acesso a cidade na pista sentido Porto Ubá – Londrina.

Figura 7 -Dispositivo em nível projetado



4.2.3.2.2. Interseção 02

Foi projetada interseção em desnível (passagem inferior) na estaca 1625 permitindo o menor impacto possível no fluxo de veículos da via principal. Após estudos de alternativas foi definido ponto para execução da passagem inferior no qual fosse possível manter uma rampa máxima de 6,50%, assim sendo necessário projetar trecho em S chegando na rotatória para aumentar o desenvolvimento do ramo.

Foi projetada rotatória com faixa de segurança destinada suprir o espaço utilizado no arrasto de carretas.

Figura 8 – Interseção em desnível tipo diamante



4.2.3.2.3. Marginais e Vias locais

Foram projetadas vias marginais dimensionadas como vias coletoras com a função de eliminar manobras de entrecruzamento, e reduzir o número de entrada e saídas na via principal.

Figura 9 - Via Marginal – Cruzmaltina, acesso a rodoviária

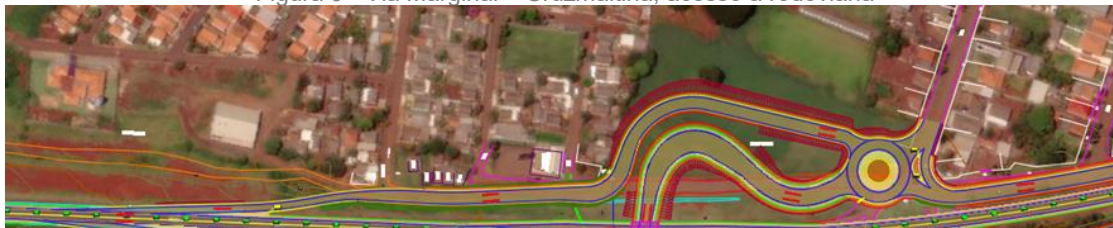


Figura 10 - Vias Marginas Cruzmaltina.

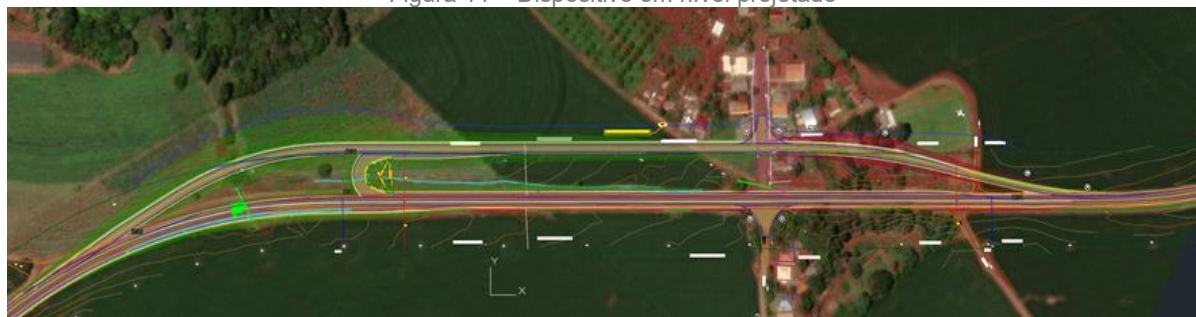


4.2.3.2.4. Interseção 03

Foi projetado retorno em nível na estaca 1915, contemplando apenas usuários da via sentido Porto Ubá a Londrina, não foi possível adicionar um retorno contemplando outro sentido por questões de segurança, por não atender os requisitos de visibilidade.

Foram projetados acessos simples em ambas as pistas para acesso as propriedades as margens da rodovia.

Figura 11 – Dispositivo em nível projetado

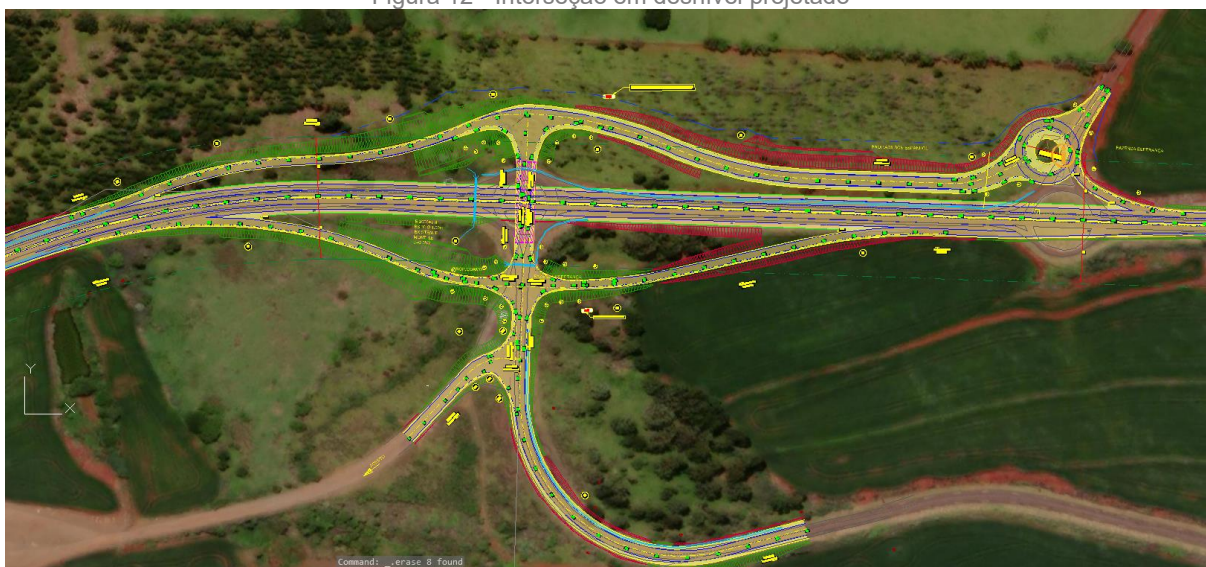


4.2.3.3. NO SUBTRECHO 03:

4.2.3.3.1. Interseção 01

Foi projetado dispositivo em desnível substituindo a rotatória existente na estaca 2008, permitindo as manobras de retorno mais seguras.

Figura 12 - Interseção em desnível projetado



4.2.3.3.2. Interseção 02

Foi projetado dispositivo em nível substituindo a rotatória existente na estaca 2452 por uma rotatória alongada, permitindo as manobras de retorno mais seguras.

Figura 13 – Dispositivo em nível projetado



4.2.3.3.3. Interseção 03

Foi projetado dispositivo em nível substituindo a rotatória existente na estaca 2758 por uma rotatória alongada, permitindo as manobras de retorno mais seguras.

Figura 14 – Dispositivo em nível projetado



4.3. ANTEPROJETO DE TERRAPLANAGEM

O **Anteprojeto de Terraplenagem** tem por objetivo descrever e justificar os métodos e processos utilizados para escavação, classificação, distribuição, deposição e quantificação dos serviços referentes a movimentação de materiais (solos e rochas), necessários à implantação das obras de movimentação de terra, com a determinação dos volumes e a orientação para a execução da obra quanto aos serviços de terraplenagem, isto se dá a partir das seções transversais gabaritadas, notas de serviço de terraplenagem, cubação e as seções de apoio às notas de serviço.

De forma a definir as escavações e aterros necessários à implantação de melhorias e ampliação de capacidade da rodovia, de acordo com os elementos fornecidos pelos estudos topográficos e definições do anteprojeto geométrico, além das recomendações dos estudos geológicos e geotécnicos e, ainda, das recomendações técnicas do DER/PR. Dos detalhes do anteprojeto Geométrico e nos desenhos do anteprojeto de Terraplenagem figuram as premissas para gabarito e geração dos volumes, destacando:

- Talude de corte em 1ª e 2ª categoria: 1V:1H;
- Talude de corte em 3ª categoria: De acordo com o especificado nos estudos geotécnicos;
- Talude de aterro: 1V:1,5H;
- Altura máxima sem banquetas: 8,0 m;
- Os taludes de cortes e aterros seguirão em regra geral o especificado na seção tipo de terraplenagem exceto nos locais onde os estudos geotécnicos indicarem outras declividades;
- A largura da plataforma de terraplenagem foi definida em função das características técnicas, operacionais e geométricas.

Cálculo dos volumes: através de dados de levantamentos topográficos e anteprojeto geométrico, aplicaram-se os recursos do software AutoCad Civil 3D, onde as seções transversais foram gabaritadas e trabalhadas para obtenção das áreas de corte e aterro. A partir destes dados, utilizou-se do método das semi-distâncias entre estacas, gerando os volumes de cada interperfil.

No anteprojeto foi utilizado siglas e abreviaturas nas tabelas e no relatório, para facilitar o entendimento, elas estão descritas na tabela a seguir:

Quadro 7: Legenda

LEGENDA	
MV	Matéria Vegetal proveniente da limpeza. Destino: DME
CL	Compensação Lateral. Destino: Corpo de aterro
C	Cortes da plataforma 1ª Cat.
Cs	Cortes da plataforma 2ª Cat.
Ct	Cortes da plataforma 3ª Cat.
Ts	Escavações (Rebaixamento de subleito) com troca de solo
Reb	Escavações (Rebaixamento de subleito) com reutilização do solo
Rec.Ts	Recomposições de troca de solo, conforme camadas finais
Rec.reb	Recomposições de rebaixos, conforme camadas finais
CF	Camadas finais de aterro
CFb	Recomposições de rebaixos com brita, conforme camadas finais
CA	Corpo de aterro
CLp	Contenção Lateral do pavimento
DME	Depósito de Material Excedente
AE	Área de Empréstimo de solo
PED	Pedreira
PE	Pista Esquerda
PD	Pista Direita
LE	Lado Esquerdo
LD	Lado Direito
INT	Interseção
Est.	Estaca
CM	Centro de Massa

Ressalta-se que as investigações geotécnicas, estudos de contenções, tratamentos de fundações de aterro e informações geológicas da região estão apresentadas nos Estudos Geológicos e Estudos Geotécnicos.

4.3.1. Especificações e Normativos

O Anteprojeto de Terraplenagem foi baseado em normativos oficiais do Departamento de Estradas de Rodagem do Paraná, DER/PR, listados a seguir:

- DER-ES-TE-01/23 - Serviços Preliminares;
- DER-ES-TE-02/23 - Cortes
- DER-ES-TE-03/23 – Empréstimos;
- DER-ES-TE-04/23 - Remoção de solos moles;
- DER-ES-TE-05/23 - Colchão drenante de areia para fundação de aterro;
- DER-ES-TE-06/23 – Aterros;
- DER-ES-TE-07/23 - Revestimento Primário;
- DER-ES-TE-08/23 - Caminhos de Serviço;
- Manual de Estudo de Tráfego, DNER.

As atividades procedentes ao Anteprojeto de Terraplenagem devem fundamentar-se nas recomendações executivas e de medição de serviços emitidas pelo DER/PR.

4.3.2. Serviços Preliminares

As quantidades referentes aos serviços de limpeza foram obtidas a partir das planilhas de cálculo de volumes e áreas de limpeza, foi considerada espessura da camada vegetal de 0,15 m devido a média das camadas vegetais apresentadas nos boletins de sondagens e inspeção de campo, o volume de matéria vegetal foi quantificado como corte e destinado para DME.

4.3.3. Cortes

Os cortes são segmentos que requerem escavação no terreno natural para se alcançar a linha do greide projetado, definindo assim transversal e longitudinalmente o corpo estradal. As operações previstas compreendem:

- Equipamentos: caminhões, escavadeiras e tratores convencionais;
- Escavação dos materiais constituintes do terreno natural até a plataforma de terraplenagem definida pelo projeto;
- “Denteamento” (escalonamento de aterros). Executar escavação mínima de 1,0 m, variando conforme largura útil para atividades correntes de terraplenagem;
- Transporte dos materiais escavados para aterros ou depósito de material excedente;
- Talude de Corte padrão de 1:1, também realizado arrasamentos e taludes variáveis buscando melhores condições geométricas entre a linha geral e ramos;
- Rebaixamento do leito de terraplenagem: Prevendo melhoria do subleito, para atendimento aos requisitos do Anteprojeto de Pavimentação, recomenda-se rebaixo de 60 cm de solo nas seções de corte.

Diante disto, recomenda-se

- Escavação do subleito, em espessura de 60 cm, com transporte dos materiais escavados para locais indicados na distribuição;
- Quando ao nível da plataforma dos cortes for verificada a ocorrência de rocha sã ou em decomposição, deve ser procedido o rebaixamento do greide de, no mínimo 0,40 m e recomposição com material drenante;

-
- Objetivos do rebaixamento do subleito em cortes:
 - Prever obtenção da umidade ótima, e consequente Grau de Compactação, conforme preconizado nas Especificações de Serviço do DER/PR e conforme as condições impostas nos estudos geotécnicos, através dos ensaios de compactação e CBR;
 - Garantir homogeneidade, longitudinalmente, nas Camadas Finais de Terraplenagem em cortes e aterros;
 - Garantir a ausência de raízes e materiais orgânicos na fundação do pavimento;
 - Rebaixamento do subleito em seções de aterro: transições de corte para aterro ou greide de terraplenagem inferior a 60 cm (efetuada a limpeza) requerem escavação com espessura suficiente a garantir a camada final de 0,60 m;
 - Transporte dos materiais escavados para bota-fora: materiais inutilizáveis deverão ser depositados em local apropriado, com compactação, cobertura vegetal e drenagem.

4.3.4. Aterros

Os aterros constituem segmentos cuja implantação requer o depósito de materiais, para a composição do corpo estradal segundo os gabaritos de projeto. Os materiais de aterro se originam dos cortes e dos empréstimos.

Os volumes de compactação de aterros foram obtidos através das informações das seções transversais gabaritadas e a mesma metodologia aplicada nos cortes.

As operações de aterro compreendem a descarga, o espalhamento e a compactação dos materiais especificados. Estes serão empregados em corpo de aterro, camadas finais de aterro e na recomposição dos rebaixos/trocas de solo. Também serão espalhados e conformados todos os materiais destinados ao DME.

Indica-se:

- Talude de Aterro padrão de 1:1,5, também utilizado taludes variáveis buscando melhores condições geométricas entre a linha geral e ramos;
- Para garantir a estabilidade de alguns aterros pode ser necessário a adequação de alguns taludes e execução de bermas;

-
- Os aterros são divididos em duas camadas, corpo de aterro e camada final de aterro:
 - Corpo de aterro: CBR mínimo de 2% e expansão máxima de 4%. Grau de compactação de 100% PN para solos e equivalente em aterro de rocha;
 - Camadas finais e recomposição de rebaixos/trocas de solo: CBR igual a 10% compatível com o anteprojeto de pavimentação e expansão próxima a 0%. A camada final de aterro tem a espessura de 60 cm até o topo do aterro, deve ser utilizada a energia de compactação de 100% PI;
 - Para corpo de aterro a espessura da camada compactada não deve ultrapassar os 30 cm, já para as camadas finais a espessura não deve ultrapassar 20 cm;
 - DME: lançamento em camadas e conformação, a fim de garantir segurança/estabilidade do local;
 - Recomposição do escalonamento: escavações em meia encosta/aterros existentes, com inclinação igual ou superior a 20%, onde se objetiva garantir estabilidade ao talude projetado e largura mínima para operações de terraplenagem. Após tais escavações, proceder com a recomposição e com compactação conforme cota e camada do aterro;
 - Apiloamento manual: 60 cm acima de OACs e laterais. Quando esta camada coincidir com a Camada Final de Terraplenagem, garantir energia de 100% PI.

4.3.5. Seleção de Materiais

Os solos devem ser preferencialmente utilizados atendendo à qualidade e à destinação prévia, indicadas no anteprojeto.

Com base na especificação do DER/PR, a estrutura dos corpos dos aterros deverá ser composta por solos que apresentem $CBR \geq 2$ e expansão $\leq 4\%$ e para as camadas finais de terraplenagem atenderem o CBR de projeto e expansão $\leq 2\%$.

Para a verificação e classificação quanto a utilização dos materiais de escavações (corte e subleito), foram analisadas as sondagens geotécnicas e as amostras correspondentes, tendo como parâmetro para análise os valores de CBR e expansão. Nos estudos geotécnicos, é apresentado o quadro resumo com os resultados dos ensaios de laboratório dos materiais constituintes das escavações.

A distribuição dos materiais foi realizada respeitando as condições citadas acima, inclusive para compensações laterais, aproveitando os materiais com possibilidade de utilização, descartando materiais inutilizáveis e indicando materiais de Área de empréstimo quando necessário.

Para execução da recomposição dos rebaixos em rocha com camada drenante, prevê-se a aquisição de brita em Pedreira Comercial.

4.3.6. Categorias de Escavações

No trecho foram identificados locais com ocorrência de rocha e, a partir dos estudos geológicos e geotécnicos foram considerados em Terraplenagem, nos seguintes segmentos e percentuais:

Quadro 8: Categorias de escavações

CATEGORIAS DE ESCAVAÇÕES				
ESTACA		CATEGORIA		
INÍCIO	FIM	1ª CAT.	2ª CAT.	3ª CAT.
128	138	30%	60%	10%
938	946	20%	50%	30%
1059	1066	80%	20%	0%
2011	2015	50%	20%	30%
2196	2213	20%	40%	40%
2352	2360	60%	40%	0%
2415	2426	80%	20%	0%
2460	2468	70%	20%	10%
2574	2587	80%	20%	0%
2644	2658	30%	60%	10%

4.3.7. Fator de Homogeneização de Aterros

O fator de homogeneização é destinado a compensar as inevitáveis perdas de materiais resultantes das operações de terraplenagem, tais como perdas ocorrentes durante o transporte e possíveis excessos na compactação, sendo adotado **Fh de 1,15** para 1ª e 2ª categorias, além de Fh teórico de 1,00 para 3ª Categoria.

Aplicou-se os valores de Fh no volume de aterro de acordo com o respectivo material nele aplicado.

Para o CBR de projeto aplicou-se o seguinte critério:

CBR de projeto = 5% para os trechos de implantação de pavimento rígido.

CBR de projeto= 10% para os trechos de implantação de pavimento flexível.

4.3.8. Dep. de Materiais Excedentes e Áreas de Empréstimo

Para execução da terraplenagem proposta, torna-se necessário depositar material inutilizável em aterro específico (DME).

Os bota-foras, chamados de Depósitos de Materiais Excedentes (DME), deverão ser interrompidos nas proximidades de bueiros e valas transversais. Recomenda-se distância de 3,0 m do eixo do dispositivo/vala ao *offset* de cada lado, devendo ser avaliada *in loco*. Devido a insuficiência de material no balanço (corte x aterro) do trecho, também se indica empréstimo de material de 1ª categoria para as camadas de aterro.

Quadro 9: Depósitos de Materiais Excedentes (DME)

Descrição	Estaca Início	Estaca Fim	Centro de Massa	Lado	Afastamento do trecho (m)	Área Disponível estimada (m²)	Largura média (m)	Altura média (m)	Volume Geométrico Disponível (m³)
DME-1	36	42	39	Esquerdo	-	600,00	5,00	7,00	4.200,00
DME-2	60	67	64	Esquerdo	-	700,00	5,00	5,00	3.500,00
DME-3	62	66	64	Direito	-	400,00	5,00	8,00	3.200,00
DME-4	117	126	122	Esquerdo	-	1.800,00	10,00	5,00	9.000,00
DME-5	192	200	196	Esquerdo	-	800,00	5,00	4,00	3.200,00
DME-6	331	336	334	Esquerdo	-	1.000,00	10,00	4,00	4.000,00
DME-7	373	380	377	Esquerdo	-	2.100,00	15,00	3,30	6.930,00
DME-8	523	529	526	Esquerdo	-	1.200,00	10,00	5,00	6.000,00
DME-9	606	619	613	Direito	-	2.600,00	10,00	7,00	18.200,00
DME-10	632	641	637	Esquerdo	-	1.800,00	10,00	6,00	10.800,00
DME-11	677	686	682	Esquerdo	-	2.160,00	12,00	4,00	8.640,00
DME-12	736	743	740	Esquerdo	-	1.400,00	10,00	4,00	5.600,00
DME-13	760	769	765	Direito	-	1.800,00	10,00	7,00	12.600,00
DME-14	816	825	821	Esquerdo	-	1.800,00	10,00	6,00	10.800,00
DME-15	1.012	1.033	1.023	Esquerdo	-	4.200,00	10,00	8,00	33.600,00
DME-16	1.290	1.302	1.296	Direito	-	3.600,00	15,00	2,50	9.000,00
DME-17	1.560	1.572	1.566	Esquerdo	-	2.400,00	10,00	5,00	12.000,00
DME-18	1.590	1.600	1.595	Direito	-	2.000,00	10,00	5,00	10.000,00
DME-19	1.721	1.736	1.729	Direito	-	3.000,00	10,00	6,00	18.000,00
DME-20	1.766	1.788	1.777	Direito	-	4.400,00	10,00	8,00	35.200,00
DME-21	1.775	1.786	1.781	Esquerdo	-	2.200,00	10,00	5,00	11.000,00
DME-22	1.807	1.822	1.815	Direito	-	3.000,00	10,00	4,50	13.500,00
DME-23	1.817	1.831	1.824	Esquerdo	-	2.800,00	10,00	6,00	16.800,00
DME-24	1.854	1.868	1.861	Esquerdo	-	2.800,00	10,00	5,00	14.000,00
DME-25	1.887	1.905	1.896	Esquerdo	-	3.600,00	10,00	5,50	19.800,00
DME-26	2.099	2.104	2.102	Esquerdo	-	1.000,00	10,00	6,00	6.000,00
DME-27	2.322	2.341	2.332	Direito	-	3.800,00	10,00	6,00	22.800,00

Descrição	Estaca Início	Estaca Fim	Centro de Massa	Lado	Afastamento do trecho (m)	Área Disponível estimada (m²)	Largura média (m)	Altura média (m)	Volume Geométrico Disponível (m³)
DME-28	2.672	2.679	2.676	Esquerdo	-	1.400,00	10,00	5,00	7.000,00
DME-29	2.785	2.789	2.787	Esquerdo	-	800,00	10,00	4,00	3.200,00

Quadro 10: Áreas de Empréstimo (AE)

Descrição	Estaca Início	Estaca Fim	Centro de Massa	Lado	Afastamento do trecho (m)	Área Disponível estimada (m²)	Largura média (m)	Altura média (m)	Volume Geométrico Disponível (m³)
AE-1	146	156	151	Esquerdo	-	1.600,00	10,00	7,00	11.200,00
AE-2	291	302	297	Direito	-	2.200,00	10,00	6,00	13.200,00
AE-3	748	757	753	Direito	-	1.800,00	10,00	6,50	11.700,00
AE-4	1.208	1.222	1.215	Esquerdo	-	2.800,00	10,00	7,00	19.600,00
AE-5	1.213	1.222	1.218	Direito	-	1.440,00	8,00	6,00	8.640,00
AE-6	1.265	1.285	1.275	Esquerdo	-	4.000,00	10,00	6,00	24.000,00
AE-7	1.352	1.369	1.361	Esquerdo	-	3.400,00	10,00	3,00	10.200,00
AE-8	1.501	1.550	1.526	Esquerdo	-	14.700,00	15,00	2,50	36.750,00
AE-9	1.790	1.814	1.802	Esquerdo	-	7.200,00	15,00	3,00	21.600,00
AE-10	2.043	2.048	2.046	Esquerdo	-	1.500,00	15,00	3,00	4.500,00
AE-11	2.168	2.180	2.174	Esquerdo	-	2.400,00	10,00	4,00	9.600,00
AE-12	2.200	2.211	2.206	Esquerdo	-	2.200,00	10,00	7,00	15.400,00
AE-13	2.200	2.211	2.206	Direito	-	2.200,00	10,00	6,00	13.200,00
AE-14	2.276	2.297	2.287	Esquerdo	-	4.200,00	10,00	7,00	29.400,00
AE-15	2.504	2.514	2.509	Esquerdo	-	2.000,00	10,00	8,00	16.000,00
AE-16	2.576	2.587	2.582	Direito	-	3.300,00	15,00	6,50	21.450,00
AE-17	2.640	2.664	2.652	Esquerdo	-	4.800,00	10,00	5,00	24.000,00
AE-18	2.707	2.722	2.715	Esquerdo	-	4.500,00	15,00	4,00	18.000,00

4.3.9. Fundação de aterros

As investigações estão apresentadas nos estudos geológicos e geotécnicos e não apresentaram locais com solo de baixa capacidade de suporte com interferência no Anteprojeto de Terraplenagem.

4.3.10. Cálculo de Volumes de Terraplenagem

O quadro de distribuição com os volumes previstos para corte e aterro podem ser encontrados no Volume 2 do Anteprojeto de Terraplenagem.

4.4. ANTEPROJETO DE DRENAGEM

4.4.1. Introdução

A presente seção refere-se ao **Anteprojeto de Drenagem**, atinente ao Projeto de Restauração e Ampliação de Capacidade da Rodovia Estadual PR-272, no trecho compreendido entre os marcos quilométricos 199,830 e 254,640, totalizando uma extensão de 54,810 km.

Inobstante, de acordo com a Publicação IPR-724 – *Manual de Drenagem de Rodovias*, do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), a drenagem superficial tem como função principal a remoção eficiente da água que incide sobre o corpo estradal, em qualquer de suas formas, por meio de sua coleta e condução a dispositivos de lançamento que minimizem os impactos sobre a durabilidade do pavimento e a segurança operacional da rodovia.

O presente Anteprojeto contempla intervenções de restauração do pavimento, implantação de terceira faixa de rolamento e construção de interseção em desnível. Em virtude da natureza das obras e das alterações geométricas previstas, bem como da utilização de equipamentos de grande porte, parte dos dispositivos existentes de drenagem superficial será suprimida ou se tornará incompatível com as novas cotas de projeto e com os critérios estabelecidos pelas normas técnicas de segurança viária.

Diante desse contexto, foi projetado um novo sistema de drenagem superficial, compatível com as condições hidráulicas, geotécnicas e geométricas da rodovia após as intervenções, visando garantir o adequado escoamento das águas pluviais e preservar a integridade estrutural da plataforma.

4.4.2. Referências Bibliográficas

Para a elaboração deste Projeto foram consideradas as normativas, manuais técnicos e diretrizes vigentes dos órgãos competentes, que subsidiam os critérios de projeto, dimensionamento e apresentação gráfica das soluções propostas. As referências adotadas englobam publicações do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná (DER/PR), assegurando o alinhamento com os padrões técnicos e regulamentares aplicáveis à infraestrutura rodoviária.

- **DNIT – Publicação IPR-724:** Manual de Drenagem de Rodovias. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2006;

- **DNIT – Publicação IPR-715:** Manual de Hidrologia Básica. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2005;
- **DNIT – Publicação IPR-726:** Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2006;
- **DER/PR – Anexo A:** Especificações para Apresentação dos Projetos Viários. Departamento de Estradas de Rodagem do Paraná; e
- **DER/PR – Especificações Técnicas DER/PR ES-DR n.º 01/23 a ES-DR n.º 14/23:** Serviços de drenagem e obras de arte correntes aplicáveis aos projetos e obras rodoviárias no âmbito do Estado do Paraná.

4.4.3. Bueiros de Talvegue

Conforme estabelece a Publicação IPR-726 – *Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários*, no caso de projetos de pavimentação, restauração ou duplicação, em que a maior parte das Obras-de-Arte Correntes (OAC) já se encontra implantada, aplica-se a sistemática da Instrução de Serviço IS-203, do DNIT, apenas nos pontos em que o levantamento cadastral indicar a necessidade de substituição do dispositivo existente.

Portanto, quando as OAC existentes forem mantidas ou apenas prolongadas — como ocorre em projetos de duplicação, implantação de terceiras faixas ou melhoramentos funcionais —, a aplicação da metodologia da IS-203 não se faz necessária. Nesses casos, é obrigatória a apresentação de planilha de cadastro de todos os bueiros existentes, acompanhada da caracterização técnica da situação atual do sistema de drenagem. Essa caracterização deve seguir a tabela de codificação denominada *Classificação dos Problemas*, que qualifica a condição física de cada bueiro e o contexto da área em estudo, justificando tecnicamente a necessidade de substituição, preservação ou implantação de nova estrutura.

Dessa forma, este projeto apresenta apenas o dimensionamento dos bueiros projetados, sendo que a decisão pela manutenção ou substituição dos dispositivos existentes foi pautada nos critérios supracitados.

Com base na análise integrada do levantamento cadastral e dos Estudos Hidrológicos referentes ao Subtrecho 01, foram identificados três talvegues, correspondentes às bacias 7, 8 e 11, nos quais não foram constatadas estruturas de drenagem existentes. Diante dessa condição, aplicou-se integralmente a metodologia prevista na Instrução de Serviço IS-203 para o dimensionamento e especificação de novas estruturas de drenagem.

No Subtrecho 02, a partir da análise do levantamento cadastral, verificou-se que o talvegue correspondente à bacia 17, localizado na estaca 991, não foi identificado em campo. Além disso, o dispositivo associado à bacia 19 foi classificado como inadequado ou em mau estado de conservação, conforme apontado no levantamento, e, portanto, não foi aproveitado. Nesses casos, adotou-se também a metodologia estabelecida na IS-203, com vistas ao correto dimensionamento e reposição das estruturas.

Já o Subtrecho 03 está posicionado sobre o divisor, sendo o Projeto de Drenagem caracterizado por dispositivos de drenagem superficial e eventualmente bueiros.

Para os bueiros existentes, são apresentados perfis apenas daqueles que requerem intervenções, seja por prolongamento ou substituição. Os dispositivos que serão mantidos ou demolidos estão indicados em tabela específica neste documento. Adicionalmente, foram propostas medidas complementares para a melhoria das condições de lançamento em terreno natural, a fim de garantir o adequado desempenho hidráulico do sistema de drenagem.

4.4.4. Dimensionamento Hidráulico de Bueiros

Conforme estabelecido pela Publicação IPR-726 – *Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários* do DNIT, o dimensionamento hidráulico dos bueiros foi realizado considerando dois regimes de escoamento: canal livre (regime supercrítico) e orifício (escoamento com carga hidráulica).

4.4.4.1. BUEIROS OPERANDO COMO CANAL LIVRE

Para a hipótese de escoamento livre, adotou-se o regime supercrítico, limitando-se a capacidade de escoamento à vazão crítica (Q_c), correspondente à energia específica igual ao diâmetro (D) ou altura (H) da seção transversal. Essa condição demanda atenção especial à proteção contra erosões nas regiões a montante e a jusante da estrutura.

Foram considerados períodos de retorno de 15 anos para bueiros tubulares e de 25 anos para bueiros celulares.

Quadro 11: Escoamento em Regime Crítico (Canal Livre)

Bueiros Tubulares	Bueiros Celulares
$Q_c = 1,538 \cdot D^{2,5}$	$Q_c = 1,705 \cdot B \cdot H^{1,5}$
$V_c = 2,56 \cdot \sqrt{D}$	$V_c = 2,56 \cdot \sqrt{H}$
$I_c = 32,82 \cdot \frac{n^2}{\sqrt[3]{D}}$	$I_c = 2,60 \cdot \frac{n^2}{\sqrt[3]{H}}$

Em que Q_c representa a vazão crítica, expressa em metros cúbicos por segundo (m^3/s); V_c é a velocidade crítica, em metros por segundo (m/s); I_c corresponde à declividade crítica, em metros por metro (m/m); D é o diâmetro do bueiro tubular, em metros (m); H refere-se à altura do bueiro celular, também em metros (m); e B representa a largura do bueiro celular, em metros (m).

4.4.4.2. BUEIROS OPERANDO COMO ORIFÍCIO

Considerou-se a condição de escoamento com carga hidráulica, ou seja, com entrada submersa, adotando-se a equação da continuidade aliada à equação de Torricelli.

Demais a mais, considerou-se períodos de retorno de 25 anos para bueiros tubulares e de 50 anos para bueiros celulares.

Quadro 12: Escoamento Submerso (Orifício)

Bueiros Tubulares	Bueiros Celulares
$h = \frac{(Q_{25})^2}{4,803 \cdot D^4}$	$h = \frac{(Q_{50})^2}{7,787 \cdot B^2 \cdot H^2}$

em que h representa a carga hidráulica sobre o centro da seção, em metros (m); Q_{25} é a vazão de pico para um período de retorno de vinte e cinco anos, em metros cúbicos por segundo (m^3/s); Q_{50} corresponde à vazão para um período de retorno de cinquenta anos, também em metros cúbicos por segundo (m^3/s); D é o diâmetro do bueiro tubular, em metros (m); H indica a altura do bueiro celular, em metros (m); e B refere-se à largura do bueiro celular, igualmente em metros (m).

4.4.5. Drenagem Superficial

4.4.5.1. VAZÃO DE PROJETO

Para a estimativa da vazão de projeto, foi aplicada a fórmula do Método Racional:

$$Q = \frac{(c \cdot A)i}{3,6}$$

Onde Q é a vazão escoada, expressa em metros cúbicos por segundo (m^3/s); A representa a área de contribuição do talude, em hectares (ha); e c é o coeficiente de escoamento superficial do talude, adimensional.

4.4.5.2. INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA

De acordo com os estudos hidrológicos realizados, para o Subtrecho 01, a equação de chuvas a ser adotada corresponde àquela obtida por meio do Método das Isozonas, com base nos dados do posto pluviométrico de Papuã.

As equações foram estruturadas com base em faixas distintas de duração das precipitações — curta duração (entre 6 e 60 minutos) e longa duração (entre 60 e 1440 minutos) —, segundo o modelo:

$$P(t, T) = a \cdot \ln(t) + b$$

Quadro 13: Equações de Precipitação (Método das Isozonas – Posto Papuã)

Tempo de Retorno (Ano)	$6 \text{ min} \leq t < 60 \text{ min}$	$60 \text{ min} \leq t < 1440 \text{ min}$
10	$P = 16,123 \cdot \ln(t) - 15,210$	$P = 24,440 \cdot \ln(t) - 41,077$
15	$P = 16,893 \cdot \ln(t) - 15,840$	$P = 23,749 \cdot \ln(t) - 43,915$
25	$P = 17,824 \cdot \ln(t) - 16,560$	$P = 25,440 \cdot \ln(t) - 47,743$
50	$P = 19,024 \cdot \ln(t) - 17,460$	$P = 27,707 \cdot \ln(t) - 53,007$
100	$P = 21,008 \cdot \ln(t) - 21,680$	$P = 29,990 \cdot \ln(t) - 58,451$

No mesmo passo, para o dimensionamento dos dispositivos no Subtrecho 02, foram consideradas duas equações de intensidade de precipitação, obtidas por meio do Método das Isozonas, conforme as áreas de influência dos postos pluviométricos:

- Entre as estacas 980 e 1.235, adotou-se a equação correspondente ao Posto Papuã; e

- Entre as estacas 1.235 e 2.010, foi considerada a equação relativa ao Posto Porto Monteiro.

Quadro 14: Equações de Precipitação (Método das Isozonas – Posto Porto Monteiro)

Tempo de Retorno (Ano)	$6 \text{ min} \leq t < 60 \text{ min}$	$60 \text{ min} \leq t < 1440 \text{ min}$
10	$P = 17,253 \cdot \ln(t) - 16,728$	$P = 24,014 \cdot \ln(t) - 43,959$
15	$P = 18,195 \cdot \ln(t) - 17,064$	$P = 25,580 \cdot \ln(t) - 47,300$
25	$P = 19,338 \cdot \ln(t) - 17,970$	$P = 27,600 \cdot \ln(t) - 51,797$
50	$P = 20,807 \cdot \ln(t) - 19,091$	$P = 30,303 \cdot \ln(t) - 57,973$
100	$P = 23,133 \cdot \ln(t) - 23,870$	$P = 33,024 \cdot \ln(t) - 64,364$

Ademais, com base nos Estudos Hidrológicos realizados para o Trecho 03, foram adotadas três equações de intensidade de precipitação, obtidas pelo Método das Isozonas, considerando a localização geográfica das sub-bacias drenantes e a influência dos respectivos postos pluviométricos:

- Para o trecho compreendido entre as estacas 1.990 e 2.145, adotaram-se as equações de intensidade de precipitação associadas ao Posto Pluviométrico de Borrazópolis;
- Para o trecho entre as estacas 2.145 e 2.390, adotaram-se as equações de intensidade de precipitação correspondentes ao Posto Pluviométrico de Porto Monteiro;
- e
- Para o trecho entre as estacas 2.390 e 2.815, foram utilizadas as equações de intensidade de precipitação derivadas do Posto Pluviométrico de Ubá do Sul.

Quadro 15: Equações de Precipitação (Método das Isozonas – Posto de Borrazópolis)

Tempo de Retorno (Ano)	$6 \text{ min} \leq t < 60 \text{ min}$	$60 \text{ min} \leq t < 1440 \text{ min}$
10	$P = 19,462 \cdot \ln(t) - 18,361$	$P = 27,088 \cdot \ln(t) - 49,585$
15	$P = 20,692 \cdot \ln(t) - 19,405$	$P = 29,090 \cdot \ln(t) - 53,790$
25	$P = 22,193 \cdot \ln(t) - 20,622$	$P = 31,674 \cdot \ln(t) - 67,225$

Tempo de Retorno (Ano)	$6 \text{ min} \leq t < 60 \text{ min}$	$60 \text{ min} \leq t < 1440 \text{ min}$
50	$P = 24,127 \cdot \ln(t) - 22,168$	$P = 35,139 \cdot \ln(t) - 67,225$
100	$P = 27,055 \cdot \ln(t) - 27,916$	$P = 38,622 \cdot \ln(t) - 75,274$

Quadro 16: Equações de Precipitação (Método das Isozonas – Posto de Ubá do Sul)

Tempo de Retorno (Ano)	$6 \text{ min} \leq t < 60 \text{ min}$	$60 \text{ min} \leq t < 1440 \text{ min}$
10	$P = 19,235 \cdot \ln(t) - 18,147$	$P = 26,773 \cdot \ln(t) - 49,009$
15	$P = 20,493 \cdot \ln(t) - 19,218$	$P = 28,810 \cdot \ln(t) - 53,272$
25	$P = 22,019 \cdot \ln(t) - 20,462$	$P = 31,427 \cdot \ln(t) - 58,980$
50	$P = 23,994 \cdot \ln(t) - 22,016$	$P = 34,495 \cdot \ln(t) - 66,853$
100	$P = 26,955 \cdot \ln(t) - 27,813$	$P = 38,480 \cdot \ln(t) - 74,998$

4.4.5.3. TEMPO DE RECORRÊNCIA

Conforme estabelece a Publicação IPR-526 – *Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários* do DNIT, os tempos de recorrência devem ser definidos com base no tipo e na função das obras de engenharia associadas ao sistema de drenagem, abrangendo as seguintes categorias:

- Obras de drenagem superficial;
- Drenagem subsuperficial do pavimento;
- Bueiros;
- Pontilhões; e
- Pontes.

A escolha dos períodos de retorno é fundamentada em uma análise técnico-econômica que leva em consideração fatores como: tipo, importância e nível de segurança exigido pela obra; classificação funcional da rodovia; estimativas de custo para eventual reconstrução em caso de falha estrutural; possíveis danos materiais e humanos decorrentes de descargas superior à prevista; comparação de custos entre alternativas com diferentes

tempos de recorrência; e o risco à vida humana frente à possibilidade de acidentes causados pela destruição da obra.

Para o presente projeto, adotaram-se os tempos de recorrência usualmente praticados, conforme demonstrado no QUADRO a seguir, em conformidade com as orientações contidas na Publicação IPR-726.

Quadro 17: Tempos de Recorrência por Tipo de Obra

Espécie de Obra	Período de Recorrência (Anos)
Drenagem Superficial	5 a 10
Drenagem Subsuperficial	10
Bueiros Tubulares	15 (Quando operando como canal)
	25 (Quando operando como orifício)
Bueiros Celulares	25 (Quando operando como canal)
	50 (Quando operando como orifício)
Pontilhão	50
Ponte	100

4.4.5.4. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

Conforme estabelecido na Publicação IPR-726 – Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários (Escopos Básicos / Instruções de Serviço IS-203), recomenda-se, para o dimensionamento de obras de drenagem superficial, a adoção de um tempo de concentração padrão de 5 minutos.

Entretanto, para este projeto, considerando-se que a equação de precipitação adotada foi obtida por meio do Método das Isozonas, cuja aplicação é válida para tempos de concentração compreendidos entre 6 minutos e 1.440 minutos, optou-se por adotar o tempo mínimo compatível com a equação, ou seja, 6 minutos.

Essa escolha assegura a coerência entre os parâmetros hidrológicos utilizados no dimensionamento e o domínio de validade da equação de chuvas aplicada, garantindo maior consistência técnica e aderência aos critérios normativos.

4.4.5.5. COEFICIENTE DE RUNOFF

Os **coeficientes de escoamento superficial (coeficientes de deflúvio)** foram definidos com base em análise das características das áreas a montante, considerando particularmente as situações em que há modificações no uso e ocupação do solo. Os valores adotados foram extraídos do QUADRO a seguir, conforme diretrizes técnicas que consideram a natureza da cobertura vegetal, a declividade média da bacia e a permeabilidade do solo.

A classificação dos coeficientes é baseada em três níveis de permeabilidade:

- I – Baixa permeabilidade (impermeável ou solo compactado);
- S – Média permeabilidade; e
- P – Alta permeabilidade (solo mais poroso ou vegetação densa).

Quadro 18: Coeficientes de Escoamento Superficial (Runoff)

Valores dos Coeficientes de Deflúvio						
Natureza da Cobertura Vegetal	Condição de retenção	Declividade Média da Bacia (%)				
		Escarpada I > 50	montanhosa 20 < I < 50	Fortemente ondulada 10 < I < 20	Ondulada 5 < I < 10	Levemente Ondulada 2 < I < 5
Sem Vegetação	I	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	S	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	P	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
Pastagem Campo ou Cerrado	I	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	S	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	P	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Culturas	I	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	S	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	P	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Matas ou Capoeiras	I	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	S	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
	P	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10

Quadro 19: Coeficientes de Escoamento Superficial para Áreas Urbanas e Industriais (Runoff)

Descrição das Áreas das Bacias Tributárias	Coeficiente de Deflúvio
Residencial	
Áreas de uma única família	0,30-0,50
Multi-unidades, isoladas	0,40-0,60
Multi-unidades, ligadas	0,60-0,75
Residencial (suburbana)	0,25-0,40
Área de apartamentos	0,50-0,70
Industrial	
Áreas leves	0,50-0,80
Áreas densas	0,60-0,90

4.4.5.6. VERIFICAÇÃO HIDRÁULICA

A verificação hidráulica dos dispositivos de drenagem foi realizada com base na equação de Manning associada ao princípio da continuidade, conforme expresso a seguir:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

Onde Q representa a vazão máxima admissível, em metros cúbicos por segundo (m^3/s); A é a área da seção transversal do dispositivo, em metros quadrados (m^2); i corresponde à declividade longitudinal do dispositivo, em metros por metro (m/m); e n é o coeficiente de rugosidade de Manning, adimensional, adotado como 0,015.

Para fins de dimensionamento, as velocidades máximas admissíveis nos dispositivos foram consideradas no intervalo de 0,50 m/s a 4,50 m/s, respeitando os limites estabelecidos para evitar processos erosivos e garantir o desempenho hidráulico adequado da seção.

4.4.5.7. DISPOSITIVOS INDICADOS

Com o objetivo de compor um sistema de drenagem superficial eficaz e tecnicamente adequado, foram adotados, preferencialmente, os dispositivos padronizados no **Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem** do **DER-PR**. A seleção dos elementos considerou as características topográficas, hidráulicas e funcionais do segmento em estudo. Segue a descrição técnica dos dispositivos especificados:

- **Sarjetas em Corte:** Foram especificadas **sarjetas triangulares com revestimento em concreto tipo STC-01**, aplicáveis tanto em trechos em corte quanto em segmentos planos onde a seção transversal possa favorecer o acúmulo de água nos bordos da plataforma.
- Nos subtrechos 02 e 03, observa-se a particularidade da presença de taludes externos associados a aterros de baixa altura. Nesses casos, quando aplicável, foi adotada a indicação das seções tipo DR-2B-1 e DR-2B-2, cujas inclinações laterais atendem aos critérios de estabilidade e às normas técnicas vigentes, eliminando a necessidade de dispositivos adicionais de contenção lateral;
- **Sarjetas em Aterro:** Foram adotadas **canaletas retangulares em concreto** para taludes de aterro com altura superior a 3,0 m. Esta premissa está alinhada às diretrizes de segurança para a instalação de dispositivos de contenção lateral. Tais canaletas oferecem maior capacidade de escoamento, minimizando riscos de alagamento do acostamento e reduzindo a necessidade de múltiplos pontos de deságue;
- **Valetas de Proteção:** Foram previstas em cristas de taludes e pés de aterro, especialmente quando há contribuição de áreas adjacentes. Como os taludes do trecho em questão são de baixa altura, optou-se por conduzir as águas por meio de dispositivos

localizados nos bordos da plataforma, evitando estruturas paralelas com desnível irrelevante;

- **Descida d'Água:** Previstas imediatamente a jusante de pontos de captação, como entradas d'água e bueiros, para garantir o direcionamento do fluxo e prevenir erosões;
- **Dissipadores de Energia:** Instalados ao final de descidas, sarjetas e bueiros, com a função de reduzir a velocidade do escoamento antes do lançamento no terreno natural;
- **Meios-Fios:** Nas ilhas da linha geral, foram especificados dispositivos tipo **MFC-9A**. Conforme o Projeto Geométrico, que contempla calçadas e meios-fios em ambos os lados das vias marginais, foram adotados **MFC-01** no bordo externo (com função hidráulica) e **MFC-03** no bordo interno (função estética/acabamento). Os **meios-fios rebaixados** serão tratados no Projeto de Obras Complementares, especialmente para os acessos a portões em áreas urbanas;
- **Transposição de Sarjetas:** Previstas transposições tipo **TIPO 05 (em placas)** para acessos rurais sem tráfego de veículos pesados, e **TIPO 01** para acessos urbanos, com exceção das vias marginais. Nos Subtrechos 02 e 03, para os acessos onde se previu a circulação de veículos pesados, foi adotado o envelopamento da TSS 01 com BSTC de 0,40 m.;
- **Bueiros de Greide:** Especificados em pontos baixos e onde a nova configuração do sistema de drenagem o exigir. O diâmetro mínimo adotado foi **BSTC 0,80 m**;
- **Bocas:** são dispositivos também destinados a captar e transferir os deflúvios para os bueiros, mas que geralmente se encontram no mesmo nível da tubulação, ou à pequena profundidade em relação a esta.
- **Rede de Drenagem Urbana:** Indicada para as vias marginais com perfil em corte ou inseridas em áreas urbanizadas. O diâmetro mínimo considerado para a tubulação é **BSTC 0,60 m**;
- **Canaletas com Grelha:** Previstas na **curva horizontal da seção duplicada** na interseção com o município de Faxinal, em razão da existência de separador central com barreira dupla do tipo **New Jersey**, conforme previsto no Projeto Geométrico;

- **Bocas de Lobo (padrão DER-PR):** Dimensionadas conforme o cálculo do comprimento crítico dos meios-fios nas vias marginais, compondo o sistema de captação da rede urbana;
- **Gárgulas:** Previstas nas marginais implantadas sobre calçadas, majoritariamente, em seção de aterro e sem presença de áreas urbanizadas nas proximidades;
- **Sarjetas de Banqueta:** Indicadas para os taludes escalonados, tanto em cortes quanto em aterros, com utilização do modelo **SZC-04**;
- **Recobrimento Mínimo:** Adotado **recobrimento mínimo de 0,60 m** a partir da cota de terraplenagem, para assegurar estabilidade e durabilidade da infraestrutura;
- **Envelopamento:** O objetivo de envelopar o corpo de bueiros, em determinadas situações, normalmente locais onde foi comprometido o recobrimento mínimo da tubulação / galeria, é de corroborar com o aumento da resistência estrutural do corpo evitando fissuras ou mesmo seu rompimento decorrente, principalmente, de cargas impostas pelo tráfego de veículos de grande porte, visto a fragilidade do dispositivo nesses locais.
- **Tunnel Liner:** Utilizado para bueiros com **altura de implantação superior a 3,5 m**, prevendo-se acabamento em bisel para maior eficiência hidráulica e estrutural.
- **Entrada d'água:** São dispositivos em concreto simples, moldados "in loco", destinados a receber as águas da plataforma coletadas pelos meios-fios de aterros, conduzindo-as às descidas d'água em taludes de aterros, sem quebrar a continuidade do fluxo d'água
- **Caixa coletora de sarjeta:** São dispositivos construídos, normalmente, junto às extremidades de montante dos bueiros, de forma a permitir a captação e transferência dos deflúvios, conduzindo-os para as canalizações situadas em nível inferior ao da captação, garantindo ao bueiro o recobrimento necessário.
- **Caixa de ligação:** Dispositivos auxiliares executados para permitir mudanças na declividade ou na dimensão dos elementos componentes das galerias. São subterrâneas e não visitáveis.
- **Poço de visita com chaminé:** Permitem a inspeção e limpeza da galeria. Devem ser executados sempre que existam mudanças de direção, nos pontos de confluência de tubulações importantes, ou em trechos longos sem inspeção. Quando

permitem queda interna, para controlar a declividade do sistema, são denominados poços de queda.

- **Drenos subsuperficial:** Os drenos subsuperficiais são instalados nas camadas subsuperficiais das rodovias, em geral no subleito, de modo a permitir a captação, condução e deságue das águas que se infiltram pelo pavimento ou estão contidas no próprio maciço e que, por ação do tráfego e carregamento, comprometem a estrutura do pavimento e a estabilidade do corpo estradal. Os drenos subsuperficiais podem ser executados na direção transversal ou longitudinal com relação ao eixo da rodovia. Quanto à forma construtiva, podem utilizar tubos ou não, sendo estes últimos também chamados de drenos cegos.

4.4.6. Particularidades de Projeto

4.4.6.1. ALTERAÇÕES GEOMÉTRICAS – ESTACA 881+0,00

Em função das alterações geométricas na interseção entre as estacas 830+0,00 e 893+0,00 da Linha Geral, está previsto o a descarga da drenagem superficial em vala ou emissário na estaca 881+0.00.

Em decorrência do ponto alto na estaca 4049+7,00, o qual limita o desenvolvimento da rede no sentido do exutório pela rodovia, fez-se o lançamento direto em propriedades lindeiras, a fim de evitar escavações excessivas. Para o lançamento nessa condição, o dispositivo proposto tem 160 metros de extensão com lançamento final em curso hídrico existente garantindo segurança ambiental e funcionalidade do sistema.

4.4.6.2. SEÇÃO TRANSVERSAL – SEGMENTO DE MARGINAIS (ESTACAS 829+0,00 E 929+0,00)

Entre as estacas citadas o Projeto Geométrico prevê a implantação de vias marginais em ambos os lados da rodovia, com calçadas em seus respectivos bordos. A proximidade entre a linha geral e as marginais, bem como a necessidade de implantação de dispositivos de segurança viária e do desnível entre pistas, tornou-se necessário a implantação de dispositivos de drenagem nos bordos da Linha Geral (LG). Sempre que viável, foram adotadas sarjetas, no entanto, nas imediações da estaca 900, a ausência de faixa de drenagem entre a LG e o Ramo 2000, foi necessário especificar canaletas com grelha, instaladas no bordo do acostamento, a fim de garantir o escoamento seguro e eficiente.

4.4.6.3. PROLONGAMENTO DE BUEIRO – ESTACA 928+4,00

Conforme apontado nos Estudos Hidrológicos, a interseção com o município de Faxinal encontra-se sobre um talvegue onde existe uma estrutura hidráulica do tipo bueiro celular em concreto (BSCC) com seção 3,50 m × 4,00 m.

Para garantir a continuidade do escoamento e compatibilizar a drenagem com a nova geometria da pista, recomenda-se o prolongamento do bueiro existente.

4.4.6.4. VIADUTO ESTACA 934+0,00 – RAMOS 200 E 300 – INTERSEÇÃO FAXINAL

Para implantação dos ramos 200 e 300, o Projeto Geométrico estabelece seção em corte sobre afloramento rochoso.

Do ponto de vista hidrológico, a condição de corte sugeriria a implantação de rede de drenagem urbana convencional. No entanto, essa solução exigiria escavações adicionais com profundidade estimada em 3,0 m, atravessando rocha ou solos classificados como de segunda categoria.

Com o objetivo de minimizar as dificuldades construtivas, sem comprometer a eficiência hidráulica, optou-se por adotar canaletas com grelha conjugadas a meio-fio, que oferecem alta capacidade de escoamento e mantêm as condições mínimas de segurança operacional aos usuários.

4.4.6.5. VIADUTO ESTACA 934+0,00 (RAMO 2.000)

Foi constatado, por meio de levantamento topográfico, que o Ramo 2.000 intercepta uma rede de drenagem urbana existente, implantada previamente em uma via adjacente, com diâmetro de 0,80 m.

Dessa forma, a rede proposta no ramo teve como objetivo exclusivamente a captação das vazões geradas pela nova implantação, com conexão à infraestrutura existente, otimizando os recursos e evitando duplicidade de sistemas.

4.4.6.6. EROSÕES

Nas estacas 1450+10 e 1452+7,00, foram constatados processos erosivos no talude de corte existente. Para a adequada especificação do dispositivo de drenagem a ser implantado na crista do talude, recomenda-se, preliminarmente, a execução do tratamento pontual das áreas erodidas, conforme critérios técnicos estabelecidos nas normas vigentes. O detalhamento das intervenções e respectivas soluções será apresentado nos Estudos Geotécnico.

4.4.6.7. INTERSEÇÃO NA ESTACA 2008

A Interseção localizada na estaca 2008 está implantada predominantemente em perfil de corte, condição que exigiu a adoção de sistema de drenagem superficial com dispositivos longitudinais dimensionados para garantir a coleta eficiente das águas pluviais. Os fluxos provenientes das áreas de contribuição dos ramos convergem para os pontos de menor cota, sendo conduzidos por meio de tubulação enterrada.

A concepção da drenagem priorizou a instalação da tubulação sob o acostamento, medida que visa reduzir interferências ao tráfego durante eventuais intervenções de manutenção.

4.4.7. Resultados

Nesta seção, são apresentados os resultados das análises realizadas com base nas premissas descritas nas seções anteriores.



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



4.4.7.1. SUBTRECHO 01:

Quadro 20: Resultados do Subtrecho 01

Estaca (km)	Seção Tipo do Corpo	D (m) ou b (m)	h (m)	Dispositivo Existente		Comprimento (m)	Condição do Dispositivo Existente			Dispositivo Projetado		Eventual Remoção do Corpo (m)	Demolição do Concreto Simples (m³)	Demolição do Concreto Armado (m³)	Corpo do Bueiro a ser Implantado (m)	Dissipadores de Energia (Unid.)	Descidas D'Água		Bacia de Captação (m²)	Volume de Escavação - Bacia de Captação (m³)
				Montante	Jusante		Corpo	Montante	Jusante	Montante	Jusante						Perfil Tipo	Extensão (m)		
41+11	BSTC	0,80	-	BBAR	BBAE	95,90	REGULAR	BOM	BOM	-	BBAE	1,00	1,52	-	24,38	DEB-03	-	-	-	-
62+6,68	BDTC	1,00	-	BBAR	BBAE	49,87	RUIM	RUIM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
62+11	BSTM	2,80	-	-	-	52,57	-	-	-	-	-	-	-	-	52,57	DEB-09	-	-	-	-
70+7	BSTC	0,80	-	BBAR	BBAR	25,34	BOM	BOM	BOM	BBAE	-	1,00	1,52	-	2,28	DEB-03	-	-	21,44	4,20
89+12	BSTC	0,80	-	BBAR	BBAR	27,71	BOM	BOM	BOM	BBAE	-	1,00	1,52	-	4,21	DEB-03	-	-	55,41	93,15
101+14	BSTC	0,60	-	BBAR	BBAR	17,45	BOM	BOM	BOM	BBAE	-	1,00	1,05	-	5,39	DEB-02	-	-	31,42	42,74
125+7	BSTC	0,80	-	BBAR	BBAR	51,17	BOM	BOM	BOM	BBAE	-	1,00	1,52	-	5,83	DEB-03	-	-	46,05	70,98
140+18	BSTC	0,80	-	BBAR	BBAR	67,14	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	DEB-03	-	-	-	-
167+14	BSTC	0,80	-	BBAR	BBAR	32,30	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	DEB-03	-	-	-	-
185+3	BSTC	0,80	-	BBAR	BBAR	28,41	REGULAR	BOM	BOM	BBAE	-	1,00	1,52	-	5,73	DEB-03	-	-	15,35	15,44
195+6	BDTC	1,00	-	BBAE	BBAE	60,03	BOM	BOM	BOM	BBAE	-	1,00	3,30	-	4,48	DEB-08	-	-	-	-
208+19	BSTC	0,80	-	-	-	22,61	RUIM	-	RUIM	BBAE	BBAE	-	-	-	-	DEB-03	-	-	-	-
211+7	BSTC	0,80	-	-	-	21,46	RUIM	RUIM	RUIM	BBAE	BBAE	-	-	-	-	DEB-03	-	-	-	-
242+9	BSTC	0,80	-	BBAR	BBAR	17,99	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	DEB-03	-	-	-	-
266+0	BSTC	0,60	-	BBAR	BBAR	27,15	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	DEB-02	-	-	-	-
277+11	BSTC	0,80	-	CCS	BBAR	16,27	BOM	BOM	BOM	-	-	16,27	-	-	-	-	-	-	-	-
283+19	BSTC	0,80	-	CCS	BBAR	16,23	REGULAR	BOM	BOM	-	-	16,23	-	-	-	-	-	-	-	-
334+1	BSTM	1,20	-	-	-	44,85	-	-	-	-	-	-	-	-	44,85	DEB-05	-	-	14,13	15,21
334+10	BSTC	0,80	-	-	BBAR	43,62	RUIM	RUIM	RUIM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
412+4	BSTC	0,60	-	BBAR	BBAR	33,60	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	DEB-02	-	-	-	-
435+4	BSTC	0,60	-	BBAR	BBAR	26,31	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	DEB-02	-	-	-	-
450+16	BSTC	0,60	-	BBAR	BBAR	23,41	REGULAR	RUIM	RUIM	BBAE	BBAE	2,00	-	-	3,00	DEB-02	-	-	-	-
461+14	BSOC	2,50	2,50	BBAE	BBAE	13,62	BOM	BOM	BOM	BBAE	BBAE	2,00	-	-	9,00	-	-	-	-	-
463+15	BSTC	0,80	-	CCS	BBAR	36,99	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	DEB-03	-	-	-	-
504+6	BSTC	0,60	-	BBAR	BBAE	30,54	BOM	BOM	REGULAR	BBAE	-	1,00	1,05	-	3,45	DEB-02	-	-	17,64	18,90
526+4	BSTM	1,20	-	-	-	28,91	-	-	-	BBAE	BBAR	-	-	-	28,91	DEB-05	DAD-10	4,95	25,34	36,48
526+8	BSTC	0,60	-	BBAR	BBAE	37,51	RUIM	RUIM	BOM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
550+4	BSTC	0,60	-	BBAE	BBAE	29,69	BOM	BOM	REGULAR	BBAE	-	1,00	1,05	-	2,76	DEB-02	-	-	10,43	7,94
574+16	BSTC	0,60	-	BBAE	BBAE	33,31	BOM	BOM	REGULAR	BBAE	-	1,00	1,05	-	2,45	DEB-02	-	-	13,04	12,47
615+3	BSTM	1,40	-	-	-	40,71	-	-	-	-	-	-	-	-	40,71	DEB-07	DAD-12	5,55	-	-
638+4	BSTM	2,00	-	-	-	46,10	-	-	-	-	-	-	-	-	46,10	DEB-08	-	-	-	-
646+12	BSTC	0,80	-	-	-	20,85	-	-	-	CCS-06	BBAE	-	-	-	20,85	DEB-03	-	-	-	26,73
679+8	BSTC	1,00	-	BBAR	BBAR	43,85	REGULAR	REGULAR	BOM	BBAE	-	1,00	2,28	-	4,17	DEB-04	-	-	-	-
742+18	BDTC	0,80	-	BBAE	BBAE	45,87	BOM	BOM	RUIM	-	BBAE	-	-	-	-	DEB-08	-	-	-	-
763+4	BSTM	1,80	-	-	-	59,83	-	-	-	-	-	-	-	-	59,83	DEB-10	-	-	-	145,20
768+0	BSTC	0,80	-	-	-	20,00	-	-	-	CCS-02	BBAE	-	-	-	20,00	-	-	-	-	-
785+19	BDTC	0,80	-	BBAE	BBAE	39,29	REGULAR	BOM	BOM	2xCCS-02	BBAE	-	-	-	32,00	-	-	-	-	-
817+0	BSTC	0,80	-	-	-	23,00	-	-	-	CCS-02	BBAE	-	-	-	23,00	-	-	-	-	-
821+19	BDTC	0,80	-	BBAR	BBAR	43,42	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	DEB-08	-	-	-	-
830+0	BSTC	0,60	-	-	-	36,00	-	-	-	CCS-02	-	-	-	-	36,00	-	-	-	-	-
830+0	BSTC	0,80	-	-	-	21,17	-	-	-	CCS-06	BBAE	-	-	-	21,17	DEB-03	-	-	-	11,02
861+0	BSTC	0,60	-	-	-	18,00	-	-	-	BBAE	BBAE	-	-	-	18,00	-	-	-	-	-
864+17	BSTC	0,80	-	-	-	11,80	-	-	-	CCS-06	CLP-15	-	-	-	11,80	-	-	-	-	-
872+4	BSTC	0,60	-	CCS	CCS	17,04	BOM	-	-	-	-	17,04	-	-	-	-	-	-	-	-
872+4	BSTC	1,00	-	CCS	CCS	30,47	BOM	-	-	-	-	30,47	-	-	-	-	-	-	-	-
872+4	BSTC	1,00	-	CCS	BBAE	15,93	BOM	-	-	-	-	15,93	-	-	-	-	-	-	-	-
861+0	BSTC	0,60	-	-	-	15,00	-	-	-	BBAE	BBAE	-	-	-	15,00	-	-	-	-	-
928+10	BSOC	3,50	4,00	BBAE	BBAE	84,65	BOM	BOM	BOM	BBAE	BBAE	2,00	-	63,00	84,68	-	-	-	-	-
929+0	BSTC	0,80	-	-	-	9,89	-	-	-	CCS-02	-	-	-	-	9,89	-	-	-	-	-
929+0	BSTC	0,80	-	-	-	10,22	-	-	-	CX-6	-	-	-	-	10,22	-	-	-	-	-
929+0	BSTC	0,80	-	-	-	4,33	-	-	-	CX-6	-	-	-	-	4,33	-	DR-14	4,56	-	-
929+0	BSTC	0,80	-	-	-	10,37	-	-	-	CCS-02	CLP-03	-	-	-	10,37	-	-	-	-	-
935+0	BSTC	0,8	-	-	-	10,49	-	-	-	CX-6	-	-	-	-	10,49	-	-	-	-	-
935+0	BSTC	0,8	-	-	-	2,82	-	-	-	CX-6	-	-	-	-	2,82	-	DR-14	8,14	-	-
935+0	BSTC	0,8	-	-	-	6,42	-	-	-	CCS-02	-	-	-	-	6,42	-	-	-	-	-
935+0	BSTC	0,8	-	-	-	1,85	-	-	-	CX-6	-	-	-	-	1,85	-	-	-	-	-
935+0	BSTC	0,8	-	-	-	72,98	-	-	-	CLP-03	BBAE	-	-	-	72,98	DEB-03	-	-	-	-
948+17	BSTC	0,6	-	BBAR	BBAR	26,98	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	22,00	-	-	-	-	-



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



4.4.7.2. SUBTRECHO 02:

Quadro 21: Resultados do Subtrecho 02

Estaca (km)	Seção Tipo do Corpo	D (m) ou b (m)	h (m)	Dispositivo		Comprimento (m)	Condição do Dispositivo Existente			Dispositivo Projetado		Eventual Remoção do Corpo (m)	Demolição do Concreto Simples (m³)	Demolição do Concreto Armado (m³)	Corpo do Bueiro a ser Implantado (m)	Dissipadores de Energia (Unid.)	Descidas D'Água		Bacia de Captação (m²)	Volume de Escavação - Bacia de Captação (m³)
				Montante	Jusante		Corpo	Montante	Jusante	Montante	Jusante						Perfil Tipo	Extensão (m)		
948+17	BSTC	0,60	-	-	-	26,98	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
991+0	BSTM	2,60	-	-	-	81,60	-	-	-	-	-	-	-	-	81,60	DEB-10	-	-	-	-
1030+0	BSTC	0,80	-	BBAR	BBAR	37,95	BOM	BOM	RUIM	-	BBAR	-	2,14	-	-	DEB-03	DAD-06	10,90	-	-
1045+19	BSTC	0,80	-	BBAR	BBAR	30,24	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	DEB-03	-	-	-	-
1056+13	BDTC	0,80	-	BBAR	BBAR	22,69	RUIM	BOM	BOM	-	-	22,69	8,56	12,93	-	-	-	-	-	-
1056+13	BDCC	2,00	2,00	-	-	22,64	-	-	-	BBAA	BBAA	-	-	-	22,64	Pedra Argamassada (V=16,90 m³)	-	-	117,88	462,41
1073+17	BTTC	1,00	-	BBAR	BBAR	22,52	BOM	BOM	BOM	-	BBAE	1,00	6,65	1,27	5,23	DEB-10	-	-	103,34	137,24
1160+18	BSTC	1,00	-	CCS	BBAR	19,28	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	DEB-04	-	-	-	-
1190+13	BSTC	0,80	-	BBAE	BBAE	24,43	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	DEB-03	-	-	-	-
1252+1	BSTC	0,80	-	BBAE	BBAE	23,53	BOM	BOM	BOM	-	BBAE	1,00	2,14	0,28	1,85	DEB-03	-	-	-	-
1300+16	BSTC	0,80	-	-	-	23,90	-	-	-	BBAE	BBAE	-	-	-	23,90	DEB-03	-	-	18,69	30,00
1301+1	BSTC	0,80	-	BBAE	BBAE	24,08	RUIM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1344+18	BSTC	0,80	-	CCS	BBAE	18,23	RUIM	BOM	RUIM	-	-	18,23	4,28	5,10	-	-	-	-	-	-
1344+18	BSTC	0,80	-	-	-	16,02	-	-	-	CCS-06	BBAE	-	-	-	16,02	DEB-03	-	-	-	-
1383+12	BSTC	0,80	-	BBAE	BBAE	26,99	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	DEB-03	-	-	-	-
1387+2	BSTC	0,60	-	-	-	7,21	-	-	-	CCS-05	CLP-09	-	-	-	7,21	-	-	-	-	-
1006+7	BSTC	0,80	-	-	-	9,77	-	-	-	CCS-02	-	-	-	-	9,77	-	-	-	-	-
1006+7	BSTC	0,80	-	-	-	3,20	-	-	-	-	CCS-14	-	-	-	3,20	-	-	-	-	-
1006+7	BSTC	0,80	-	-	-	11,43	-	-	-	-	BBAE	-	-	-	11,43	DEB-03	DAD-06	1,95	-	-
1428+0	BSTC	0,80	-	BBAE	CCS	46,35	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1428+0	BSTC	0,80	-	CCS	BBAE	39,05	BOM	BOM	BOM	CLP-03	BBAE	-	-	-	12,04	DEB-03	-	-	-	-
1059+15	BSTC	0,60	-	-	-	24,08	-	-	-	CCS-05	CCS-10	-	-	-	24,08	-	-	-	-	-
1059+15	BSTC	0,80	-	-	-	18,17	-	-	-	-	BBAE	-	-	-	18,17	DEB-03	-	-	-	-
1455+18	BSTC	0,80	-	-	-	11,98	-	-	-	CCS-10	BBAE	-	-	-	11,98	DEB-03	-	-	-	-
1500+6	BSTC	0,80	-	BBAE	BBAR	23,20	BOM	BOM	BOM	-	-	23,20	-	2,09	-	-	-	-	-	-
1500+6	BSTC	0,80	-	-	-	20,69	-	-	-	BBAE	BBAE	-	-	-	20,69	DEB-03	-	-	37,90	36,11
1551+19	BSTC	0,40	-	CCS	BBAR	15,74	BOM	BOM	BOM	-	-	15,74	4,34	1,42	4,00	DEB-01	-	-	-	-
1551+19	BSTC	1,20	-	-	-	19,05	-	-	-	CCS-12	BBAE	-	-	-	19,05	DEB-05	-	-	-	-
1569+7	BDCC	2,00	2,00	BBAE	BBAE	31,92	BOM	BOM	BOM	-	BBAA	1,00	10,43	2,32	2,65	Pedra Argamassada (V=16,90 m³)	-	-	-	124,39
1593+4	BSTC	0,80	-	BBAE	BBAR	29,24	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	DEB-03	-	-	-	-
1006+0	BSTC	0,60	-	-	-	57,16	-	-	-	CX-6B	CLP-09	-	-	-	57,16	-	-	-	-	-
1008+15	BSTC	0,80	-	-	-	14,98	-	-	-	CCS-06	-	-	-	-	14,98	-	-	-	-	-
1008+15	BSTC	0,80	-	-	-	14,84	-	-	-	-	BBAE	-	-	-	14,84	DEB-03	-	-	-	-
101+0	BSTC	0,60	-	-	-	17,14	-	-	-	CCS-05	CLP-02	-	-	-	17,14	-	-	-	-	-
101+0	BSTC	0,60	-	-	-	13,25	-	-	-	BBAE	-	-	-	-	13,25	-	-	-	-	-
1625+13	BSTC	0,80	-	BBAE	BBAE	46,53	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1671+4	BSTC	0,80	-	-	-	14,07	-	-	-	CCS-06	CCS-14	-	-	-	14,07	-	-	-	-	-
1671+4	BSTC	0,80	-	-	-	7,14	-	-	-	-	CLP-09	-	-	-	7,14	-	-	-	-	-
1671+4	BSTC	0,80	-	-	-	5,17	-	-	-	-	BBAE	-	-	-	5,17	DEB-03	-	-	-	81,36
1683+16	BSTC	0,80	-	CCS	BBAE	36,34	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	DEB-03	-	-	-	-
1704+0	BSTC	0,80	-	CCS	BBAE	20,82	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	DEB-03	-	-	-	-
1727+0	BSTC	1,00	-	BBAR	BBAR	32,60	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	DEB-04	-	-	-	-
1785+4	BSTC	1,00	-	BBAE	BBAR	43,86	BOM	BOM	BOM	BBAE	-	1,00	3,56	0,42	4,98	DEB-04	-	-	33,27	40,43
1819+17	BDCC	2,00	2,00	BBAE	BBAE	61,56	BOM	BOM	BOM	BBAA	-	1,00	10,43	2,32	1,81	Pedra Argamassada (V=16,90 m³)	-	-	76,80	173,29
1828+5	BSTC	0,80	-	BBAE	BBAE	40,74	BOM	BOM	BOM	BBAE	-	1,00	2,14	0,28	4,37	DEB-03	-	-	41,22	38,25
1865+2	BSTC	1,00	-	BBAR	BBAE	62,52	BOM	BOM	BOM	BBAE	-	1,00	2,14	0,28	4,69	DEB-04	-	-	-	-
1894+4	BSTC	1,00	-	BBAE	BBAE	32,83	BOM	BOM	BOM	BBAE	-	1,00	3,56	0,42	3,72	-	-	-	37,90	36,11
1894+4	BSTC	1,00	-	-	-	37,92	-	-	-	BBAE	BBAE	-	-	-	37,92	DEB-04	DAD-08	4,35	-	-
1001+10	BSTC	0,60	-	-	-	25,13	-	-	-	BBAE	BBAE	-	-	-	25,13	-	DAD-04	3,15	-	-
15+13	BSTC	0,60	-	-	-	16,89	-	-	-	CCS-01	BBAE	-	-	-	16,89	DEB-02	-	-	-	176,85
1955+5	BSTC	1,00	-	BBAE	BBAE	44,34	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	DEB-04	-	-	-	-
2006+6	BSTC	1,00	-	BBAE	BBAE	27,69	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	DEB-04	-	-	-	-

4.4.7.3. SUBTRECHO 03:

Quadro 22: Resultados do Subtrecho 03

Estaca (km)	Seção Tipo do Corpo	D (m) ou b (m)	h (m)	Dispositivo		Comprimento (m)	Condição do Dispositivo Existente			Dispositivo Projetado		Eventual Remoção do Corpo (m)	Demolição do Concreto Simples (m³)	Demolição do Concreto Armado (m³)	Corpo do Bueiro a ser Implantado (m)	Dissipadores de Energia (Unid.)	Descidas D'Água		Bacia de Captação (m²)	Volume de Escavação - Bacia de Captação (m³)
				Montante	Jusante		Corpo	Montante	Jusante	Montante	Jusante						Perfil Tipo	Extensão (m)		
206+0	BSTC	0,80	-	-	-	9,99	-	-	-	CX-6B	BBAE	-	-	-	9,99	DEB-03	DAD-06	2,55	-	-
2002+12	BSTC	0,80	-	-	-	10,24	-	-	-	OCS-10	CX-6B	-	-	-	10,24	-	-	-	-	-
2002+12	BSTC	0,80	-	-	-	11,46	-	-	-	-	CX-6B	-	-	-	11,46	-	-	-	-	-
2002+12	BSTC	0,80	-	-	-	3,61	-	-	-	-	BBAE	-	-	-	3,61	-	-	-	-	-
2002+12	BSTC	0,80	-	-	-	25,13	-	-	-	BBAE	BBAE	-	-	-	25,13	DEB-03	-	-	-	-
2002+12	BSTC	0,80	-	-	-	30,23	-	-	-	CLP-09	CLP-09	-	-	-	30,23	-	-	-	-	-
2002+12	BSTC	0,80	-	-	-	99,39	-	-	-	-	PV-1/CPV-1	-	-	-	99,39	-	-	-	-	-
2002+12	BSTC	0,80	-	-	-	99,85	-	-	-	-	PV-1/CPV-1	-	-	-	99,85	-	-	-	-	-
2002+12	BSTC	0,80	-	-	-	35,26	-	-	-	-	-	-	-	-	35,26	-	-	-	-	-
2014+10	BSTC	0,80	-	-	-	5,80	-	-	-	OCS-10	OCS-14	-	-	-	5,80	-	-	-	-	-
2014+10	BSTC	0,80	-	-	-	20,17	-	-	-	-	-	-	-	-	20,17	-	-	-	-	-
2016+2	BSTC	0,80	-	-	-	12,35	-	-	-	OCS-06	CX-6B	-	-	-	12,35	-	-	-	-	-
2016+2	BSTC	0,80	-	-	-	25,07	-	-	-	-	-	-	-	-	25,07	-	-	-	-	-
300+0	BSTC	0,60	-	-	-	50,04	-	-	-	BBAE	BBAE	-	-	-	50,04	DEB-02	-	-	-	-
2027+0	BSTC	0,80	-	-	-	22,21	-	-	-	OCS-06	OCS-06	-	-	-	22,21	-	-	-	-	-
2027+0	BSTC	0,80	-	-	-	72,33	-	-	-	-	BBAE	-	-	-	72,33	DEB-03	DAD-06	4,95	-	-
2030+19	BSTC	1,00	-	BBAR	BBAE	29,54	BOM	BOM	BOM	BBAE	-	1,00	3,56	0,42	3,25	DEB-04	-	-	30,19	35,50
2084+16	BSTC	0,80	-	CCS	BBAE	27,11	BOM	BOM	BOM	OCS-06	CLP-09	-	2,14	-	2,28	DEB-03	-	-	-	-
2088+14	BSTC	0,80	-	CCS	BBAR	16,33	BOM	BOM	BOM	-	-	16,33	2,14	4,57	3,22	-	-	-	-	-
2088+14	BSTC	0,80	-	-	-	19,43	-	-	-	OCS-06	BBAE	-	-	-	19,43	DEB-03	-	-	-	-
2101+4	BSTC	0,80	-	BBAE	BBAE	37,02	BOM	BOM	BOM	BBAE	-	1,00	2,14	0,28	4,72	DEB-03	-	-	5,82	13,00
2146+10	BSTC	0,80	-	BBAE	BBAE	19,41	BOM	BOM	BOM	BBAE	-	1,00	2,14	0,28	6,22	DEB-03	-	-	-	-
2194+14	BSTC	1,00	-	BBAE	BBAE	38,15	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	DEB-04	-	-	-	-
2223+3	BSTC	1,00	-	BBAR	BBAE	23,47	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	DEB-04	-	-	-	-
2259+3	BSTC	1,00	-	BBAE	BBAE	52,14	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	DEB-04	-	-	-	-
2328+2	BSTC	1,00	-	BBAE	BBAR	36,82	BOM	BOM	BOM	-	BBAE	1,00	3,56	0,42	4,59	DEB-04	-	-	-	-
2360+4	BSTC	0,80	-	CCS	BBAE	20,36	RUIM	BOM	BOM	-	-	20,36	4,28	5,70	-	-	-	-	-	-
2360+7	BSTC	0,80	-	-	-	20,22	-	-	-	OCS-02	BBAE	-	-	-	20,22	DEB-03	-	-	-	53,84
2414+17	BSTC	1,00	-	BBAR	BBAE	40,93	BOM	BOM	BOM	BBAE	BBAE	-	-	-	19,46	DEB-04	-	-	-	-
2431+1	BSTC	0,80	-	-	-	14,02	-	-	-	OCS-06	OCS-06	-	-	-	14,02	-	-	-	-	-
2431+1	BSTC	0,80	-	-	-	66,94	-	-	-	-	BBAE	-	-	-	66,94	DEB-03	-	-	-	20,35
2452+5	BSTC	0,80	-	-	-	59,47	-	-	-	OCS-06	BBAE	-	-	-	59,47	DEB-03	-	-	-	-
2455+16	BSTC	1,00	-	CCS	BBAR	24,88	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	DEB-04	-	-	-	-
2470+10	BSTC	0,80	-	-	-	13,57	-	-	-	OCS-06	OCS-10	-	-	-	13,57	-	-	-	-	-
2470+10	BSTC	0,80	-	-	-	48,30	-	-	-	-	BBAE	-	-	-	48,30	DEB-03	-	-	-	177,72
2477+6	BSTC	0,80	-	-	-	17,77	-	-	-	OCS-10	BBAE	-	-	-	17,77	DEB-03	-	-	-	210,77
2492+14	BSTC	0,80	-	BBAE	BBAE	21,03	BOM	BOM	BOM	BBAE	-	1,00	2,14	0,28	3,30	DEB-03	-	-	9,14	28,16
2531+14	BSTC	0,80	-	CCS	CCS	24,42	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2567+11	BSTC	0,80	-	BBAE	BBAE	25,21	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	DEB-03	-	-	-	-
2613+12	BSTC	0,80	-	CCS	BBAE	22,21	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	DEB-03	-	-	-	-
2634+10	BSTC	0,80	-	BBAE	BBAE	21,26	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	DEB-03	-	-	-	-
2676+10	BSTC	0,60	-	BBAE	BBAE	52,08	BOM	BOM	BOM	BBAE	-	1,00	2,14	0,28	7,17	DEB-02	-	-	7,98	33,92
2731+2	BSTC	0,80	-	BBAR	BBAE	25,38	BOM	BOM	BOM	BBAE	OCS-06	1,77	2,14	0,50	17,34	DEB-03	-	-	-	-
2734+1	BSTC	0,80	-	-	-	15,23	-	-	-	OCS-14	OCS-06	-	-	-	15,23	-	-	-	-	-
2734+1	BSTC	0,80	-	-	-	24,38	-	-	-	-	CLP-02	-	-	-	24,38	-	-	-	-	-
2734+1	BSTC	0,80	-	-	-	39,18	-	-	-	-	BBAE	-	-	-	39,18	DEB-03	-	-	-	233,28
2750+4	BSTC	0,80	-	CCS	BBAR	42,40	BOM	BOM	BOM	-	-	-	-	-	-	DEB-03	-	-	-	-
2760+2	BSTC	0,60	-	-	-	61,87	-	-	-	OCS-01	BBAE	-	-	-	61,87	DEB-02	-	-	-	-
202+2	BSTC	0,80	-	-	-	26,24	-	-	-	BBAE	BBAE	-	-	-	26,24	DEB-03	DAD-06	1,35	-	-
2790+15	BSTC	0,80	-	-	-	44,51	-	-	-	OCS-02	BBAE	-	-	-	44,51	DEB-03	-	-	-	28,55
2797+11	BSTC	0,80	-	CCS	CCS	14,16	BOM	BOM	BOM	-	-	14,16	4,28	3,96	-	-	-	-	-	-
2797+11	BSTC	0,80	-	-	-	15,44	-	-	-	OCS-06	BBAE	-	-	-	15,44	DEB-03	-	-	-	59,16

4.5. ANTEPROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

O anteprojeto de pavimentação compreende o dimensionamento de estrutura para implantação de pavimentos novos que devem ser dimensionados tendo em vista os materiais disponíveis, o tráfego previsto para o período de projeto e as características locais, de forma a minimizar a tensão vertical que atinge o subleito e proteger as camadas asfálticas do processo de fadiga decorrente do carregamento cíclico do tráfego.

A metodologia é empregada com base nas instruções de projeto, normas e manuais do DNIT, além de publicações técnicas da ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland, compreendendo:

- Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários (Escopos Básicos / Instruções de Serviço) – Publicação IPR 726/2006 do DNIT, principalmente quanto à Instrução de Serviço IS-225 - Projeto de Pavimentos Rígidos;
- Manual de Estudos de Tráfego do DNIT – Publicação IPR 723/2006;
- Manual de Pavimentos Rígidos do DNIT - Publicação IPR 714/2005;
- Manual de Pavimentação do DNIT – Publicação IPR -719/2026;
- Estudo Técnico N°97 – Dimensionamento de Pavimentos Rodoviários e Urbanos de Concreto Pelo Método da PCA/1984, da ABCP;
- Estudo Técnico ET-13 - Projeto de Juntas em Pavimentos Rodoviários de Concreto, da ABCP; e
- Estudo Técnico ET-29 - Projeto Sub-bases para Pavimentos de Concreto, da ABCP.

Para o dimensionamento das soluções técnicas propostas foram considerados os seguintes parâmetros e critérios: Materiais disponíveis, Tráfego e Fundação.

4.5.1. Tráfego

Para efeito de dimensionamento, o tráfego de veículos pesados foi convertido em operações do eixo padrão rodoviário, número “N”, definido como sendo o número de repetições equivalentes de um eixo-padrão de 8,2tf (18.000lb ou 80kN) durante o período de vida útil do projeto de 10 anos, conforme as recomendações dos métodos de dimensionamento de pavimentos novos do DNIT.

O memorial descritivo do tráfego e do cálculo do número “N” são apresentados no Capítulo “Estudos de Tráfego e Capacidade”, ao passo que se resume a seguir o Volume de Eixos e Número N calculados.

Em síntese o conforme apresentado no Capítulo “Avaliação Econômica” será adotado a solução em Pavimento Rígido/Whitetopping para a Linha Geral e alguns acessos considerados importantes. Para dispositivos de Interseção, Marginais e Acessos foi adotado solução em Pavimento Flexível, que resultou nos seguintes Números N:

- $N_{USACE} = 3,77 \times 10^7$; e
- $N_{AASHTO} = 9,49 \times 10^6$.

Para o dimensionamento do Pavimento Rígido/Whitetopping foram realizadas e utilizadas contagens de tráfego que contemplam 2 contratos do DER/PR da região, que contém as rodovias PR-272 e PR-466:

- Concorrência 021/2020 DER/DT – denominado Lote 03 - Mauá da Serra a Porto Ubá, totalizando 54,81 km de extensão da PR-272; e
- Concorrência 022/2020 DER/DT – denominado Lote 04 - Porto Ubá a Furnas, totalizando 51,86 km de extensão da PR-466.

A seguir é apresentado o maior Volume Diário Médio Anual (VDMa) por Rodovia, no ano de 2022, entre as Contagens de Tráfego realizadas na Linha Geral.

Rodovia PR-272:

- Subtrecho 01: VDMa 2022 de 714 Veículos comerciais;
- Subtrecho 02: VDMa 2022 de 724 Veículos comerciais; e
- Subtrecho 03: VDMa 2022 de 731 Veículos comerciais.

Rodovia PR-466:

- Subtrecho 01: VDMa 2022 de 210 Veículos comerciais;
- Subtrecho 02: VDMa 2022 de 653 Veículos comerciais; e
- Subtrecho 03: VDMa 2022 de 462 Veículos comerciais.

Com finalidade de garantir maior segurança ao projeto, para o dimensionamento do Pavimento Rígido, foi considerado o maior volume de veículos comerciais, que corresponde ao Subtrecho 03 da Rodovia PR-272.

Conforme apresentado nos Estudos de Tráfego, as premissas para a determinação do Volume de Solicitações por tipo de eixo de Veículos Pesados irão trafegar pelo período de vida útil do pavimento, para o presente dimensionamento pelo método da PCA/84 serão as seguintes:

- Volume Diário Médio Anual – VDMA2022 de 731 veículos comerciais;
- Taxa de crescimento anual de tráfego de 3,0%;
- Vida útil de projeto de 30 anos (2027 – 2056); e
- Fator de Pista = 0,5 (tráfego unidirecional).

No Manual de Tráfego do DNIT, retira-se a caracterização dos veículos de carga observados nos Estudos de Tráfego, conforme é observado no Quadro 23.

Quadro 23: Caracterização dos veículos de carga de projeto

QUANTIDADE E TIPOS DE EIXOS				
CLASSE	ESRS - EIXO SIMPLES DE RODA SIMPLES (6,0t)	ESRD - EIXO SIMPLES DE RODA DUPLA (10,0t)	ETD - EIXO TANDEM DUPLO (17,0t)	ETT - EIXO TANDEM TRIPLO (25,5t)
2CB	1	1	0	0
2C	1	1	0	0
3C	1	0	1	0
4C	1	0	0	1
2S1	1	2	0	0
2S2	1	1	1	0
2S3	1	1	0	1
3S2	1	0	2	0
3S3	1	0	1	1
3D4	1	0	0	3
3M6	1	0	1	2

O Quadro 24, a seguir, apresenta a projeção do VDMa, para o período de projeto:

Quadro 24: Projeção do VDMa

ANO	ÔNIBUS	VEÍCULOS DE CARGA										Σ VDMa
	2CB	2C	3C	4C	2S1	2S2	2S3	3S2	3S3	3D4	3M6	
2022	48	220	109	31	36	21	44	30	129	28	35	731
2023	49	227	112	32	37	22	45	31	133	29	36	753
2024	51	233	116	33	38	22	47	32	137	30	37	776
2025	52	240	119	34	39	23	48	33	141	31	38	799
2026	54	248	123	35	41	24	50	34	145	32	39	823
2027	56	255	126	36	42	24	51	35	150	32	41	847
2028	57	263	130	37	43	25	53	36	154	33	42	873
2029	59	271	134	38	44	26	54	37	159	34	43	899

ANO	ÔNIBUS	VEÍCULOS DE CARGA										Σ VDMa
	2CB	2C	3C	4C	2S1	2S2	2S3	3S2	3S3	3D4	3M6	
2030	61	279	138	39	46	27	56	38	163	35	44	926
2031	63	287	142	40	47	27	57	39	168	37	46	954
2032	65	296	146	42	48	28	59	40	173	38	47	982
2033	66	305	151	43	50	29	61	42	179	39	48	1.012
2034	68	314	155	44	51	30	63	43	184	40	50	1.042
2035	70	323	160	46	53	31	65	44	189	41	51	1.073
2036	73	333	165	47	54	32	67	45	195	42	53	1.106
2037	75	343	170	48	56	33	69	47	201	44	55	1.139
2038	77	353	175	50	58	34	71	48	207	45	56	1.173
2039	79	364	180	51	60	35	73	50	213	46	58	1.208
2040	82	375	186	53	61	36	75	51	220	48	60	1.244
2041	84	386	191	54	63	37	77	53	226	49	61	1.282
2042	87	397	197	56	65	38	79	54	233	51	63	1.320
2043	89	409	203	58	67	39	82	56	240	52	65	1.360
2044	92	422	209	59	69	40	84	57	247	54	67	1.401
2045	95	434	215	61	71	41	87	59	255	55	69	1.443
2046	98	447	222	63	73	43	89	61	262	57	71	1.486
2047	101	461	228	65	75	44	92	63	270	59	73	1.531
2048	104	474	235	67	78	45	95	65	278	60	75	1.576
2049	107	489	242	69	80	47	98	67	287	62	78	1.624
2050	110	503	249	71	82	48	101	69	295	64	80	1.672
2051	113	518	257	73	85	49	104	71	304	66	82	1.723
2052	117	534	265	75	87	51	107	73	313	68	85	1.774
2053	120	550	273	78	90	53	110	75	323	70	88	1.828
2054	124	567	281	80	93	54	113	77	332	72	90	1.882
2055	127	584	289	82	95	56	117	80	342	74	93	1.939
2056	131	601	298	85	98	57	120	82	352	76	96	1.997

Com a caracterização dos veículos de carga e os seus respectivos volumes de tráfego, calcula-se o número de repetições de eixos total que irá solicitar o pavimento rígido ao longo do período de vida útil de projeto, conforme é apresentado no Quadro 25.

Quadro 25: Cálculo do número de repetições de eixos

EIXO	2CB	2C	3C	4C	2S1	2S2	2S3	3S2	3S3	3D4	3M6	Nº RE- PETI- ÇÕES ($\sum$ eixos x 365 dias * 0,5)
ESRS	2.647	12.134	6.012	1.710	1.986	1.158	2.427	1.655	7.115	1.544	1.930	7.357.817
ESRD	2.647	12.134	0	0	3.971	1.158	2.427	0	0	0	0	4.076.492
ETD	0	0	6.012	0	0	1.158	0	3.309	7.115	4.633	1.930	4.408.651

O manual IPR-714 recomenda o uso das cargas máximas legais do DNIT para veículos da frota comercial brasileira.

Desta forma, para o dimensionamento adotou-se a frota com 100% dos veículos carregados, com carga máxima legal de balança, mais a tolerância de 12,5% (conforme estabelecido no Art.5º da Lei n.º 14.229/2021) para o excesso de peso por eixo.

O Quadro 26 apresenta o número de repetições de eixos e a distribuição de cargas calculadas para o dimensionamento do Pavimento Rígido/Whitetopping.

Quadro 26: Número de repetições de eixos e distribuição de cargas

EIXO	CARGA COM TOLERÂNCIA DE 12,5% (t)	Nº REPETIÇÕES (30 ANOS)
ESRS	6,8	7.357.817
ESRD	11,3	4.076.492
ETD	19,1	4.408.651
ETT	28,7	2.757.923
TOTAL		18.600.883

4.5.2. Fundação

Um pavimento é um sistema de camadas de espessuras finitas, assentes sobre um semiespaço infinito, denominado subleito que por sua vez, é o terreno de fundação onde será apoiado todo o pavimento. Deve ser considerado e estudado até as profundidades em que atuam significativamente as cargas impostas pelo tráfego (de 0,60 m a 1,50 m de profundidade) sendo que os esforços impostos na superfície serão aliviados em sua profundidade e normalmente se dispersam no primeiro metro.

4.5.2.1. CARACTERÍSTICA DO SUBLEITO

O terreno de fundação deve cumprir certas exigências de compactação de acordo com valores fixados nas especificações gerais, além de aspectos qualitativos como a expansão e CBR.

A capacidade de suporte do subleito pode ser determinada diretamente por uma prova de carga estática ou por meio de correlação com o Índice de Suporte Califórnia (CBR ou ISC).

Portanto, os materiais do subleito devem apresentar uma expansão, medida no ensaio, menor ou igual a 2% e um valor de CBR maior ou igual a 2%. Ressalta-se que para os Estudos Geotécnicos para pavimentação foi mantido a segmentação em Subtrechos 01, 02 e 03.

Para os estudos de subleito foram executadas 91 sondagens a trado no Subtrecho 01, 92 sondagens a trado no Subtrecho 02 e 41 sondagens a trado no Subtrecho 03. Em cada amostra foram realizados ensaios de caracterização (granulometria e limites físicos), compactação, expansão e CBR (Proctor Normal). Na sequência apresenta-se os quadros com os resultados de CBR e expansão por subtrecho, destaca-se em vermelho os dados com CBR menor que 2% ou Índice de expansão maior ou igual a 2%.

Quadro 27: Resumo dos resultados dos ensaios laboratoriais de CBR e Expansão do Subtrecho 01.

DADOS BRUTOS DE EXPANSÃO E CBR - Energia Normal			
DADOS BRUTOS			
SONDAGEM	ENERGIA	EXPANSÃO (%)	CBR (%)
ST-01	Normal	0,30	9,0
ST-02	Normal	0,30	13,0
ST-03	Normal	0,70	10,0
ST-04	Normal	0,20	11,0
ST-05	Normal	0,50	10,0
ST-06	Normal	1,10	6,0
ST-07	Normal	1,20	6,0
ST-08	Normal	0,30	11,0
ST-09	Normal	0,60	5,0
ST-10	Normal	0,60	17,0
ST-11	Normal	1,20	7,0
ST-12	Normal	1,50	5,0
ST-13	Normal	0,40	12,0
ST-14	Normal	0,20	13,0
ST-15	Normal	0,60	10,0
ST-16	Normal	0,30	12,0
ST-17	Normal	1,50	6,0
ST-18	Normal	0,90	7,0
ST-19	Normal	0,40	14,0
ST-20	Normal	0,10	11,0
ST-21	Normal	0,10	16,0
ST-22	Normal	0,10	10,0

DADOS BRUTOS DE EXPANSÃO E CBR - Energia Normal			
DADOS BRUTOS			
SONDAGEM	ENERGIA	EXPANSÃO (%)	CBR (%)
ST-23	Normal	0,10	14,0
ST-24	Normal	0,40	8,0
ST-25	Normal	0,50	10,0
ST-26	Normal	0,70	12,0
ST-27	Normal	0,60	5,0
ST-28	Normal	0,20	15,0
ST-29	Normal	1,30	4,0
ST-30	Normal	1,30	3,0
ST-31	Normal	0,10	12,0
ST-32	Normal	0,10	21,0
ST-33	Normal	0,00	14,0
ST-34	Normal	0,10	14,0
ST-35	Normal	0,00	21,0
ST-36	Normal	0,10	15,0
ST-37	Normal	0,20	19,0
ST-38	Normal	0,10	13,0
ST-39	Normal	0,20	14,0
ST-40	Normal	0,40	8,0
ST-41	Normal	0,10	20,0
ST-42	Normal	0,10	18,0
ST-43	Normal	0,10	8,0
ST-44	Normal	0,10	11,0
ST-45	Normal	0,10	12,0
ST-46	Normal	0,00	19,0
ST-47	Normal	0,00	18,0
ST-48	Normal	0,10	21,0
ST-49	Normal	0,00	16,0
ST-50	Normal	0,10	17,0
ST-51	Normal	0,20	21,0
ST-52	Normal	0,10	17,0
ST-53	Normal	0,30	15,0
ST-54	Normal	0,10	13,0
ST-55	Normal	0,20	17,0
ST-56	Normal	0,20	15,0
ST-57	Normal	0,20	19,0
ST-58	Normal	0,10	15,0
ST-59	Normal	0,20	17,0
ST-60	Normal	0,10	21,0
ST-61	Normal	4,30	2,0
ST-62	Normal	0,60	14,0
ST-63	Normal	0,40	16,0
ST-64	Normal	0,60	14,0

DADOS BRUTOS DE EXPANSÃO E CBR - Energia Normal			
DADOS BRUTOS			
SONDAGEM	ENERGIA	EXPANSÃO (%)	CBR (%)
ST-65	Normal	0,20	24,0
ST-66	Normal	0,90	10,0
ST-67	Normal	0,90	8,0
ST-68	Normal	0,60	18,0
ST-69	Normal	0,20	19,0
ST-70	Normal	0,10	18,0
ST-71	Normal	0,10	14,0
ST-72	Normal	2,90	5,0
ST-73	Normal	0,70	15,0
ST-74	Normal	0,30	16,0
ST-75	Normal	0,40	11,0
ST-76	Normal	3,40	2,0
ST-77	Normal	0,20	18,0
ST-78	Normal	0,00	16,0
ST-79	Normal	0,00	12,0
ST-80	Normal	0,40	20,0
ST-81	Normal	0,20	14,0
ST-82	Normal	0,10	11,0
ST-83	Normal	0,10	21,0
ST-84	Normal	0,10	15,0
ST-85	Normal	0,20	21,0
ST-86	Normal	0,10	15,0
ST-87	Normal	0,20	13,0
ST-88	Normal	0,50	17,0
ST-89	Normal	0,10	18,0
ST-90	Normal	0,40	11,0
ST-91	Normal	0,10	12,0

Quadro 28: Resumo dos resultados dos ensaios laboratoriais de CBR e Expansão do Subtrecho 02.

DADOS BRUTOS DE EXPANSÃO E CBR - Energia Normal			
DADOS BRUTOS			
SONDAGEM	ENERGIA	EXPANSÃO (%)	CBR (%)
ST-92	Normal	1,00	14,0
ST-93	Normal	0,10	22,0
ST-94	Normal	0,10	17,0
ST-95	Normal	0,20	18,0
ST-96	Normal	0,20	17,0
ST-97	Normal	1,20	10,0
ST-98	Normal	0,20	9,0
ST-99	Normal	0,10	18,0
ST-100	Normal	0,50	14,0

DADOS BRUTOS DE EXPANSÃO E CBR - Energia Normal			
DADOS BRUTOS			
SONDAGEM	ENERGIA	EXPANSÃO (%)	CBR (%)
ST-101	Normal	1,90	6,0
ST-102	Normal	0,40	15,0
ST-103	Normal	0,20	26,0
ST-104	Normal	0,20	19,0
ST-105	Normal	0,70	10,0
ST-106	Normal	0,40	18,0
ST-107	Normal	0,60	14,0
ST-108	Normal	0,40	6,0
ST-109	Normal	0,00	27,0
ST-110	Normal	0,00	13,0
ST-111	Normal	0,00	19,0
ST-112	Normal	0,00	16,0
ST-113	Normal	0,20	15,0
ST-114	Normal	0,10	15,0
ST-115	Normal	0,10	16,0
ST-116	Normal	0,10	19,0
ST-117	Normal	0,10	8,0
ST-118	Normal	0,20	17,0
ST-119	Normal	0,00	19,0
ST-120	Normal	0,40	17,0
ST-121	Normal	0,10	16,0
ST-122	Normal	0,10	19,0
ST-123	Normal	0,30	18,0
ST-124	Normal	0,10	18,0
ST-125	Normal	0,10	23,0
ST-126	Normal	0,10	28,0
ST-127	Normal	0,20	20,0
ST-128	Normal	0,10	21,0
ST-129	Normal	0,60	13,0
ST-130	Normal	0,20	23,0
ST-131	Normal	0,20	17,0
ST-132	Normal	0,10	19,0
ST-133	Normal	0,30	15,0
ST-134	Normal	0,10	12,0
ST-135	Normal	0,20	18,0
ST-136	Normal	0,10	19,0
ST-137	Normal	0,20	14,0
ST-138	Normal	0,00	22,0
ST-139	Normal	0,10	17,0
ST-140	Normal	0,00	19,0
ST-141	Normal	0,10	19,0

DADOS BRUTOS DE EXPANSÃO E CBR - Energia Normal			
DADOS BRUTOS			
SONDAGEM	ENERGIA	EXPANSÃO (%)	CBR (%)
ST-142	Normal	0,00	15,0
ST-143	Normal	0,10	26,0
ST-144	Normal	0,20	21,0
ST-145	Normal	0,30	21,0
ST-146	Normal	0,50	10,0
ST-147	Normal	0,30	18,0
ST-148	Normal	0,20	11,0
ST-149	Normal	0,20	16,0
ST-150	Normal	0,10	13,0
ST-151	Normal	0,20	14,0
ST-152	Normal	0,20	26,0
ST-153	Normal	0,30	15,0
ST-154	Normal	0,30	16,0
ST-155	Normal	0,10	16,0
ST-156	Normal	0,40	20,0
ST-157	Normal	0,40	21,0
ST-158	Normal	0,30	22,0
ST-159	Normal	0,30	20,0
ST-160	Normal	0,30	17,0
ST-161	Normal	0,20	18,0
ST-162	Normal	0,20	14,0
ST-163	Normal	0,20	16,0
ST-164	Normal	0,30	17,0
ST-165	Normal	0,10	22,0
ST-166	Normal	0,60	14,0
ST-167	Normal	0,10	22,0
ST-168	Normal	0,80	15,0
ST-169	Normal	0,10	13,0
ST-170	Normal	0,10	16,0
ST-171	Normal	0,40	18,0
ST-172	Normal	0,40	15,0
ST-173	Normal	0,60	9,0
ST-174	Normal	0,30	14,0
ST-175	Normal	0,80	6,0
ST-176	Normal	0,30	10,0
ST-177	Normal	0,50	10,0
ST-178	Normal	0,20	19,0
ST-179	Normal	0,90	11,0
ST-180	Normal	0,10	21,0
ST-181	Normal	0,60	13,0
ST-182	Normal	0,30	13,0

DADOS BRUTOS DE EXPANSÃO E CBR - Energia Normal			
DADOS BRUTOS			
SONDAGEM	ENERGIA	EXPANSÃO (%)	CBR (%)
ST-183	Normal	0,20	16,0

Quadro 29: Resumo dos resultados dos ensaios laboratoriais de CBR e Expansão do Subtrecho 03.

DADOS BRUTOS DE EXPANSÃO E CBR - Energia Normal			
DADOS BRUTOS			
SONDAGEM	ENERGIA	EXPANSÃO (%)	CBR (%)
ST-184	Normal	0,30	16,0
ST-185	Normal	0,40	15,0
ST-186	Normal	0,80	15,0
ST-187	Normal	0,40	16,0
ST-188	Normal	1,30	11,0
ST-189	Normal	0,00	22,0
ST-190	Normal	0,20	17,0
ST-191	Normal	0,20	22,0
ST-192	Normal	0,30	18,0
ST-193	Normal	0,20	15,0
ST-194	Normal	0,10	21,0
ST-195	Normal	0,40	15,0
ST-196	Normal	0,40	13,0
ST-197	Normal	0,30	15,0
ST-198	Normal	0,10	15,0
ST-199	Normal	0,20	12,0
ST-200	Normal	0,20	16,0
ST-201	Normal	0,40	10,0
ST-202	Normal	0,10	10,0
ST-203	Normal	2,50	5,0
ST-204	Normal	0,20	12,0
ST-205	Normal	0,20	12,0
ST-206	Normal	0,40	17,0
ST-207	Normal	0,30	15,0
ST-208	Normal	0,20	17,0
ST-209	Normal	0,50	14,0
ST-210	Normal	0,40	12,0
ST-211	Normal	0,50	14,0
ST-212	Normal	0,50	14,0
ST-213	Normal	0,90	12,0
ST-214	Normal	0,60	12,0
ST-215	Normal	0,30	14,0
ST-216	Normal	0,40	15,0
ST-217	Normal	0,20	16,0
ST-218	Normal	0,80	13,0

DADOS BRUTOS DE EXPANSÃO E CBR - Energia Normal			
DADOS BRUTOS			
SONDAGEM	ENERGIA	EXPANSÃO (%)	CBR (%)
ST-219	Normal	0,40	12,0
ST-220	Normal	0,20	13,0
ST-221	Normal	1,20	5,0
ST-222	Normal	0,80	10,0
ST-223	Normal	0,60	14,0
ST-224	Normal	0,10	18,0

Em um primeiro momento foi verificado se todas as amostras estavam dentro do intervalo de aceitação, calculando a média e o desvio padrão do CBR. Em seguida para determinar os valores mínimo e máximo do intervalo de aceitação foram aplicadas as seguintes equações.

Valor mínimo para o intervalo de aceitação = $D - \sigma$

Valor máximo para o intervalo de aceitação = $D + \sigma$

Onde:

D: média aritmética

σ : desvio padrão

Os valores obtidos, para o Subtrecho 01 os valores que delimitam o intervalo de aceitação entre 9,04% e 18,33% para CBR, para o Subtrecho 02 os valores que delimitam o intervalo de aceitação entre 12,0% e 21,1% e para CBR e para o Subtrecho 03 os valores que delimitam o intervalo de aceitação entre 11,1% e 17,6% para CBR. Os Quadros a seguir destacam em vermelho os valores expurgados.

Quadro 30: Análise de confiança dos resultados dos ensaios laboratoriais so Subtrecho 01.

DADOS BRUTOS DE EXPANSÃO E CBR - Energia Normal			
DADOS BRUTOS			
SONDAGEM	ENERGIA	EXPANSÃO (%)	CBR (%)
ST-01	Normal	0,30	9,0
ST-02	Normal	0,30	13,0
ST-03	Normal	0,70	10,0
ST-04	Normal	0,20	11,0
ST-05	Normal	0,50	10,0
ST-06	Normal	1,10	6,0
ST-07	Normal	1,20	6,0
ST-08	Normal	0,30	11,0
ST-09	Normal	0,60	5,0

DADOS BRUTOS DE EXPANSÃO E CBR - Energia Normal			
DADOS BRUTOS			
SONDAGEM	ENERGIA	EXPANSÃO (%)	CBR (%)
ST-10	Normal	0,60	17,0
ST-11	Normal	1,20	7,0
ST-12	Normal	1,50	5,0
ST-13	Normal	0,40	12,0
ST-14	Normal	0,20	13,0
ST-15	Normal	0,60	10,0
ST-16	Normal	0,30	12,0
ST-17	Normal	1,50	6,0
ST-18	Normal	0,90	7,0
ST-19	Normal	0,40	14,0
ST-20	Normal	0,10	11,0
ST-21	Normal	0,10	16,0
ST-22	Normal	0,10	10,0
ST-23	Normal	0,10	14,0
ST-24	Normal	0,40	8,0
ST-25	Normal	0,50	10,0
ST-26	Normal	0,70	12,0
ST-27	Normal	0,60	5,0
ST-28	Normal	0,20	15,0
ST-29	Normal	1,30	4,0
ST-30	Normal	1,30	3,0
ST-31	Normal	0,10	12,0
ST-32	Normal	0,10	21,0
ST-33	Normal	0,00	14,0
ST-34	Normal	0,10	14,0
ST-35	Normal	0,00	21,0
ST-36	Normal	0,10	15,0
ST-37	Normal	0,20	19,0
ST-38	Normal	0,10	13,0
ST-39	Normal	0,20	14,0
ST-40	Normal	0,40	8,0
ST-41	Normal	0,10	20,0
ST-42	Normal	0,10	18,0
ST-43	Normal	0,10	8,0
ST-44	Normal	0,10	11,0
ST-45	Normal	0,10	12,0
ST-46	Normal	0,00	19,0
ST-47	Normal	0,00	18,0
ST-48	Normal	0,10	21,0
ST-49	Normal	0,00	16,0
ST-50	Normal	0,10	17,0

DADOS BRUTOS DE EXPANSÃO E CBR - Energia Normal			
DADOS BRUTOS			
SONDAGEM	ENERGIA	EXPANSÃO (%)	CBR (%)
ST-51	Normal	0,20	21,0
ST-52	Normal	0,10	17,0
ST-53	Normal	0,30	15,0
ST-54	Normal	0,10	13,0
ST-55	Normal	0,20	17,0
ST-56	Normal	0,20	15,0
ST-57	Normal	0,20	19,0
ST-58	Normal	0,10	15,0
ST-59	Normal	0,20	17,0
ST-60	Normal	0,10	21,0
ST-61	Normal	4,30	2,0
ST-62	Normal	0,60	14,0
ST-63	Normal	0,40	16,0
ST-64	Normal	0,60	14,0
ST-65	Normal	0,20	24,0
ST-66	Normal	0,90	10,0
ST-67	Normal	0,90	8,0
ST-68	Normal	0,60	18,0
ST-69	Normal	0,20	19,0
ST-70	Normal	0,10	18,0
ST-71	Normal	0,10	14,0
ST-72	Normal	2,90	5,0
ST-73	Normal	0,70	15,0
ST-74	Normal	0,30	16,0
ST-75	Normal	0,40	11,0
ST-76	Normal	3,40	2,0
ST-77	Normal	0,20	18,0
ST-78	Normal	0,00	16,0
ST-79	Normal	0,00	12,0
ST-80	Normal	0,40	20,0
ST-81	Normal	0,20	14,0
ST-82	Normal	0,10	11,0
ST-83	Normal	0,10	21,0
ST-84	Normal	0,10	15,0
ST-85	Normal	0,20	21,0
ST-86	Normal	0,10	15,0
ST-87	Normal	0,20	13,0
ST-88	Normal	0,50	17,0
ST-89	Normal	0,10	18,0
ST-90	Normal	0,40	11,0
ST-91	Normal	0,10	12,0

Quadro 31: Análise de confiança dos resultados dos ensaios laboratoriais so Subtrecho 02

DADOS BRUTOS DE EXPANSÃO E CBR - Energia Normal			
DADOS BRUTOS			
SONDAGEM	ENERGIA	EXPANSÃO (%)	CBR (%)
ST-92	Normal	1,00	14,0
ST-93	Normal	0,10	22,0
ST-94	Normal	0,10	17,0
ST-95	Normal	0,20	18,0
ST-96	Normal	0,20	17,0
ST-97	Normal	1,20	10,0
ST-98	Normal	0,20	9,0
ST-99	Normal	0,10	18,0
ST-100	Normal	0,50	14,0
ST-101	Normal	1,90	6,0
ST-102	Normal	0,40	15,0
ST-103	Normal	0,20	26,0
ST-104	Normal	0,20	19,0
ST-105	Normal	0,70	10,0
ST-106	Normal	0,40	18,0
ST-107	Normal	0,60	14,0
ST-108	Normal	0,40	6,0
ST-109	Normal	0,00	27,0
ST-110	Normal	0,00	13,0
ST-111	Normal	0,00	19,0
ST-112	Normal	0,00	16,0
ST-113	Normal	0,20	15,0
ST-114	Normal	0,10	15,0
ST-115	Normal	0,10	16,0
ST-116	Normal	0,10	19,0
ST-117	Normal	0,10	8,0
ST-118	Normal	0,20	17,0
ST-119	Normal	0,00	19,0
ST-120	Normal	0,40	17,0
ST-121	Normal	0,10	16,0
ST-122	Normal	0,10	19,0
ST-123	Normal	0,30	18,0
ST-124	Normal	0,10	18,0
ST-125	Normal	0,10	23,0
ST-126	Normal	0,10	28,0
ST-127	Normal	0,20	20,0
ST-128	Normal	0,10	21,0
ST-129	Normal	0,60	13,0
ST-130	Normal	0,20	23,0
ST-131	Normal	0,20	17,0

DADOS BRUTOS DE EXPANSÃO E CBR - Energia Normal			
DADOS BRUTOS			
SONDAGEM	ENERGIA	EXPANSÃO (%)	CBR (%)
ST-132	Normal	0,10	19,0
ST-133	Normal	0,30	15,0
ST-134	Normal	0,10	12,0
ST-135	Normal	0,20	18,0
ST-136	Normal	0,10	19,0
ST-137	Normal	0,20	14,0
ST-138	Normal	0,00	22,0
ST-139	Normal	0,10	17,0
ST-140	Normal	0,00	19,0
ST-141	Normal	0,10	19,0
ST-142	Normal	0,00	15,0
ST-143	Normal	0,10	26,0
ST-144	Normal	0,20	21,0
ST-145	Normal	0,30	21,0
ST-146	Normal	0,50	10,0
ST-147	Normal	0,30	18,0
ST-148	Normal	0,20	11,0
ST-149	Normal	0,20	16,0
ST-150	Normal	0,10	13,0
ST-151	Normal	0,20	14,0
ST-152	Normal	0,20	26,0
ST-153	Normal	0,30	15,0
ST-154	Normal	0,30	16,0
ST-155	Normal	0,10	16,0
ST-156	Normal	0,40	20,0
ST-157	Normal	0,40	21,0
ST-158	Normal	0,30	22,0
ST-159	Normal	0,30	20,0
ST-160	Normal	0,30	17,0
ST-161	Normal	0,20	18,0
ST-162	Normal	0,20	14,0
ST-163	Normal	0,20	16,0
ST-164	Normal	0,30	17,0
ST-165	Normal	0,10	22,0
ST-166	Normal	0,60	14,0
ST-167	Normal	0,10	22,0
ST-168	Normal	0,80	15,0
ST-169	Normal	0,10	13,0
ST-170	Normal	0,10	16,0
ST-171	Normal	0,40	18,0
ST-172	Normal	0,40	15,0

DADOS BRUTOS DE EXPANSÃO E CBR - Energia Normal			
DADOS BRUTOS			
SONDAGEM	ENERGIA	EXPANSÃO (%)	CBR (%)
ST-173	Normal	0,60	9,0
ST-174	Normal	0,30	14,0
ST-175	Normal	0,80	6,0
ST-176	Normal	0,30	10,0
ST-177	Normal	0,50	10,0
ST-178	Normal	0,20	19,0
ST-179	Normal	0,90	11,0
ST-180	Normal	0,10	21,0
ST-181	Normal	0,60	13,0
ST-182	Normal	0,30	13,0
ST-183	Normal	0,20	16,0

Quadro 32: Análise de confiança dos resultados dos ensaios laboratoriais so Subtrecho 03

DADOS BRUTOS DE EXPANSÃO E CBR - Energia Normal			
DADOS BRUTOS			
SONDAGEM	ENERGIA	EXPANSÃO (%)	CBR (%)
ST-184	Normal	0,30	16,0
ST-185	Normal	0,40	15,0
ST-186	Normal	0,80	15,0
ST-187	Normal	0,40	16,0
ST-188	Normal	1,30	11,0
ST-189	Normal	0,00	22,0
ST-190	Normal	0,20	17,0
ST-191	Normal	0,20	22,0
ST-192	Normal	0,30	18,0
ST-193	Normal	0,20	15,0
ST-194	Normal	0,10	21,0
ST-195	Normal	0,40	15,0
ST-196	Normal	0,40	13,0
ST-197	Normal	0,30	15,0
ST-198	Normal	0,10	15,0
ST-199	Normal	0,20	12,0
ST-200	Normal	0,20	16,0
ST-201	Normal	0,40	10,0
ST-202	Normal	0,10	10,0
ST-203	Normal	2,50	5,0
ST-204	Normal	0,20	12,0
ST-205	Normal	0,20	12,0
ST-206	Normal	0,40	17,0
ST-207	Normal	0,30	15,0
ST-208	Normal	0,20	17,0

DADOS BRUTOS DE EXPANSÃO E CBR - Energia Normal			
DADOS BRUTOS			
SONDAGEM	ENERGIA	EXPANSÃO (%)	CBR (%)
ST-209	Normal	0,50	14,0
ST-210	Normal	0,40	12,0
ST-211	Normal	0,50	14,0
ST-212	Normal	0,50	14,0
ST-213	Normal	0,90	12,0
ST-214	Normal	0,60	12,0
ST-215	Normal	0,30	14,0
ST-216	Normal	0,40	15,0
ST-217	Normal	0,20	16,0
ST-218	Normal	0,80	13,0
ST-219	Normal	0,40	12,0
ST-220	Normal	0,20	13,0
ST-221	Normal	1,20	5,0
ST-222	Normal	0,80	10,0
ST-223	Normal	0,60	14,0
ST-224	Normal	0,10	18,0

Analisando os dados apresentados, verifica-se que as amostras do Subtrecho 01 resultou em 31 furos fora do limite de confiança, do Subtrecho 02 resultou em 25 furos fora dos limites da norma e confiança estatística e do Subtrecho 03 resultou em 07 furos fora dos limites da norma e confiança estatística, sendo necessário expurgá-las da análise e refazer os cálculos de intervalo desconsiderando os valores obtidos para estes furos. Os quadros a seguir resume o resultado com 60 amostras para o Subtrecho 01, 67 amostras para o Subtrecho 02 e 33 amostras para o Subtrecho 03, resultantes.

Quadro 33: Análise estatística final de CBR para o Subtrecho 01.

DADOS BRUTOS DE EXPANSÃO E CBR - Energia Normal			
DADOS BRUTOS			
SONDAGEM	ENERGIA	EXPANSÃO (%)	CBR (%)
ST-01	Normal	0,30	9,0
ST-02	Normal	0,30	13,0
ST-03	Normal	0,70	10,0
ST-04	Normal	0,20	11,0
ST-05	Normal	0,50	10,0
ST-08	Normal	0,30	11,0
ST-10	Normal	0,60	17,0
ST-13	Normal	0,40	12,0
ST-14	Normal	0,20	13,0
ST-15	Normal	0,60	10,0

DADOS BRUTOS DE EXPANSÃO E CBR - Energia Normal			
DADOS BRUTOS			
SONDAGEM	ENERGIA	EXPANSÃO (%)	CBR (%)
ST-16	Normal	0,30	12,0
ST-19	Normal	0,40	14,0
ST-20	Normal	0,10	11,0
ST-21	Normal	0,10	16,0
ST-22	Normal	0,10	10,0
ST-23	Normal	0,10	14,0
ST-25	Normal	0,50	10,0
ST-26	Normal	0,70	12,0
ST-28	Normal	0,20	15,0
ST-31	Normal	0,10	12,0
ST-33	Normal	0,00	14,0
ST-34	Normal	0,10	14,0
ST-36	Normal	0,10	15,0
ST-38	Normal	0,10	13,0
ST-39	Normal	0,20	14,0
ST-42	Normal	0,10	18,0
ST-44	Normal	0,10	11,0
ST-45	Normal	0,10	12,0
ST-47	Normal	0,00	18,0
ST-49	Normal	0,00	16,0
ST-50	Normal	0,10	17,0
ST-52	Normal	0,10	17,0
ST-53	Normal	0,30	15,0
ST-54	Normal	0,10	13,0
ST-55	Normal	0,20	17,0
ST-56	Normal	0,20	15,0
ST-58	Normal	0,10	15,0
ST-59	Normal	0,20	17,0
ST-62	Normal	0,60	14,0
ST-63	Normal	0,40	16,0
ST-64	Normal	0,60	14,0
ST-66	Normal	0,90	10,0
ST-68	Normal	0,60	18,0
ST-70	Normal	0,10	18,0
ST-71	Normal	0,10	14,0
ST-73	Normal	0,70	15,0
ST-74	Normal	0,30	16,0
ST-75	Normal	0,40	11,0
ST-77	Normal	0,20	18,0
ST-78	Normal	0,00	16,0
ST-79	Normal	0,00	12,0

DADOS BRUTOS DE EXPANSÃO E CBR - Energia Normal			
DADOS BRUTOS			
SONDAGEM	ENERGIA	EXPANSÃO (%)	CBR (%)
ST-81	Normal	0,20	14,0
ST-82	Normal	0,10	11,0
ST-84	Normal	0,10	15,0
ST-86	Normal	0,10	15,0
ST-87	Normal	0,20	13,0
ST-88	Normal	0,50	17,0
ST-89	Normal	0,10	18,0
ST-90	Normal	0,40	11,0
ST-91	Normal	0,10	12,0

Quadro 34 Análise estatística final de CBR para o Subtrecho 02.

DADOS BRUTOS DE EXPANSÃO E CBR - Energia Normal			
DADOS BRUTOS			
SONDAGEM	ENERGIA	EXPANSÃO (%)	CBR (%)
ST-92	Normal	1,00	14,0
ST-94	Normal	0,10	17,0
ST-95	Normal	0,20	18,0
ST-96	Normal	0,20	17,0
ST-99	Normal	0,10	18,0
ST-100	Normal	0,50	14,0
ST-102	Normal	0,40	15,0
ST-104	Normal	0,20	19,0
ST-106	Normal	0,40	18,0
ST-107	Normal	0,60	14,0
ST-110	Normal	0,00	13,0
ST-111	Normal	0,00	19,0
ST-112	Normal	0,00	16,0
ST-113	Normal	0,20	15,0
ST-114	Normal	0,10	15,0
ST-115	Normal	0,10	16,0
ST-116	Normal	0,10	19,0
ST-118	Normal	0,20	17,0
ST-119	Normal	0,00	19,0
ST-120	Normal	0,40	17,0
ST-121	Normal	0,10	16,0
ST-122	Normal	0,10	19,0
ST-123	Normal	0,30	18,0
ST-124	Normal	0,10	18,0
ST-127	Normal	0,20	20,0
ST-128	Normal	0,10	21,0
ST-129	Normal	0,60	13,0

DADOS BRUTOS DE EXPANSÃO E CBR - Energia Normal			
DADOS BRUTOS			
SONDAGEM	ENERGIA	EXPANSÃO (%)	CBR (%)
ST-131	Normal	0,20	17,0
ST-132	Normal	0,10	19,0
ST-133	Normal	0,30	15,0
ST-134	Normal	0,10	12,0
ST-135	Normal	0,20	18,0
ST-137	Normal	0,20	14,0
ST-138	Normal	0,00	22,0
ST-139	Normal	0,10	17,0
ST-140	Normal	0,00	19,0
ST-141	Normal	0,10	19,0
ST-142	Normal	0,00	15,0
ST-144	Normal	0,20	21,0
ST-145	Normal	0,30	21,0
ST-147	Normal	0,30	18,0
ST-149	Normal	0,20	16,0
ST-150	Normal	0,10	13,0
ST-151	Normal	0,20	14,0
ST-153	Normal	0,30	15,0
ST-154	Normal	0,30	16,0
ST-155	Normal	0,10	16,0
ST-156	Normal	0,40	20,0
ST-157	Normal	0,40	21,0
ST-159	Normal	0,30	20,0
ST-160	Normal	0,30	17,0
ST-161	Normal	0,20	18,0
ST-162	Normal	0,20	14,0
ST-163	Normal	0,20	16,0
ST-164	Normal	0,30	17,0
ST-166	Normal	0,60	14,0
ST-168	Normal	0,80	15,0
ST-169	Normal	0,10	13,0
ST-170	Normal	0,10	16,0
ST-171	Normal	0,40	18,0
ST-172	Normal	0,40	15,0
ST-174	Normal	0,30	14,0
ST-178	Normal	0,20	19,0
ST-180	Normal	0,10	21,0
ST-181	Normal	0,60	13,0
ST-182	Normal	0,30	13,0
ST-183	Normal	0,20	16,0

Quadro 35: Análise estatística final de CBR para o Subtrecho 03.

DADOS BRUTOS DE EXPANSÃO E CBR - Energia Normal			
DADOS BRUTOS			
SONDAGEM	ENERGIA	EXPANSÃO (%)	CBR (%)
ST-184	Normal	0,30	16,0
ST-185	Normal	0,40	15,0
ST-186	Normal	0,80	15,0
ST-187	Normal	0,40	16,0
ST-188	Normal	1,30	11,0
ST-190	Normal	0,20	17,0
ST-192	Normal	0,30	18,0
ST-193	Normal	0,20	15,0
ST-195	Normal	0,40	15,0
ST-196	Normal	0,40	13,0
ST-197	Normal	0,30	15,0
ST-198	Normal	0,10	15,0
ST-199	Normal	0,20	12,0
ST-200	Normal	0,20	16,0
ST-204	Normal	0,20	12,0
ST-205	Normal	0,20	12,0
ST-206	Normal	0,40	17,0
ST-207	Normal	0,30	15,0
ST-208	Normal	0,20	17,0
ST-209	Normal	0,50	14,0
ST-210	Normal	0,40	12,0
ST-211	Normal	0,50	14,0
ST-212	Normal	0,50	14,0
ST-213	Normal	0,90	12,0
ST-214	Normal	0,60	12,0
ST-215	Normal	0,30	14,0
ST-216	Normal	0,40	15,0
ST-217	Normal	0,20	16,0
ST-218	Normal	0,80	13,0
ST-219	Normal	0,40	12,0
ST-220	Normal	0,20	13,0
ST-223	Normal	0,60	14,0
ST-224	Normal	0,10	18,0

Na sequência foram então calculados os valores característicos de CBR e expansão aplicando a fórmula apresentada a seguir.

$$Característico = \bar{X} \pm \frac{1,29 \cdot s}{\sqrt{N}} \pm 0,68 \cdot s$$

Onde:

$\bar{X}$ é a média aritmética;

“s” é o desvio padrão; e

N é o número de amostras.

Para o cálculo do CBR característico utilizou-se a equação com sinal negativo enquanto para o cálculo da expansão característica utilizou a equação com o sinal positivo. Deste modo, aplicando os parâmetros na fórmula apresentada para os dados sem expurgo dados de confiança estatística resultou em:

- Subtrecho 01 sem expurgo de dados resultou em um CBR característico igual a 9,88% e uma expansão característica igual a 0,64%;
- Subtrecho 02 sem expurgo de dados resultou em um CBR característico igual a 12,84% e uma expansão característica igual a 0,51%; e
- Subtrecho 03 com expurgo de dados resultou em um CBR característico igual a 11,50% e uma expansão característica igual a 0,65%.

De modo a comparar os resultados, aplicando os parâmetros na fórmula apresentada para os dados com expurgo dados de confiança estatística resultou em:

- Subtrecho 01 com expurgo de dados resultou em um CBR característico igual a 11,68% e uma expansão característica igual a 0,44%;
- Subtrecho 02 com expurgo de dados resultou em um CBR característico igual a 14,70% e uma expansão característica igual a 0,40%; e
- Subtrecho 03 com expurgo de dados resultou em um CBR característico igual a 12,68% e uma expansão característica igual a 0,63%.

O solo natural se apresenta como um material complexo e variável, de acordo com sua localização, processos de gênese, clima etc. A máxima dentro do universo da pavimentação consiste na racionalização do uso dos materiais locais com o objetivo de melhorar a qualidade das estruturas dos pavimentos e consequentemente propiciar maior durabilidade e retornos à sociedade como um todo. Contudo, nem sempre é possível encontrar solos naturais que atendam às exigências das especificações e normas de serviço vigentes e nessas situações, algumas decisões podem ser tomadas em relação à solução mais indicada para o caso, e possivelmente irá considerar uma das seguintes hipóteses:

- 1ª) aceitar o material local e adaptar o projeto às restrições impostas por ele;

- 2ª) descartar o material, removendo-o de seu local de origem e substituindo-o por outro de qualidade superior, ou
- 3ª) aceitar o material local e alterar através do processo de estabilização suas propriedades, de modo a torná-lo capaz de responder às necessidades das tarefas previstas.

Desta forma, considerando que a análise estatística dos ensaios de subleito apresentou resultado da expansão superior ao mínimo exigido pelo Manual de Pavimentação – DNIT/2006, considerando o valor de CBR e considerando a disponibilidade de material com boa capacidade de suporte na região, conforme apresentado nos Estudos Geotécnicos, para o dimensionamento das estruturas de pavimento foi considerado **para as Linha Geral com solução em Pavimento Rígido foi considerado um CBR de projeto igual a 5,0% e para as Interseções com solução em Pavimento Flexível foi considerado um CBR de projeto igual a 10,0%**. Os trechos que possuem valores inferiores e que deverão ser retirados e substituídos por outro de qualidade superior, seguindo o princípio da segunda hipótese, de forma a garantir, no mínimo, que os últimos 60 cm da camada final de terraplanagem, possuam um índice de suporte equivalente com o admitido para o projeto, estão apresentados no Anteprojeto de Terraplanagem.

Justifica-se a utilização de um CBR de Projeto inferior, em comparação ao calculado, se deu através do resultado do coeficiente de recalque dos trechos a serem realizados Restauração em Whitetopping.

4.5.2.2. DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE RECALQUE DA FUNDAÇÃO

Para o dimensionamento pelo Método da PCA/84, o levantamento da condição estrutural do subleito fornece informações valiosas quanto a sua adequação estrutural, o grau de deterioração e permite a seleção e dimensionamento da mais adequada alternativa de pavimento rígido.

Para as áreas de implantação de pavimento rígido, em função dos dados apresentados nos Estudos Geotécnicos e informado anteriormente, foi adotado o valor de CBR do subleito de 5,0%.

As operações de preparo da fundação do pavimento consistirão na compactação e regularização do subleito. Recomenda-se que estas operações sigam as normas e especificações do DER/PR. Importante observação no que se refere ao nível da água do subleito, que deverá estar situado abaixo de 1,0 m do topo do pavimento acabado.

Caso existam problemas nesta camada, a mesma deverá ser corrigida considerando as seguintes premissas:

- Verificação da drenagem do local - prováveis locais de parada de água. Implantar sistema de drenagem eficiente para retirar toda água abaixo do pavimento.
- Substituir todo material contaminado do subleito. Deverá ser feito a reposição com material que tenha CBR igual ou superior ao definido em projeto. Nesta recomposição, considerar a espessura do projeto original e as declividades do pavimento.

Os pavimentos rígidos têm bom desempenho mesmo em terrenos com baixo valor de suporte, entretanto, a adoção das sub-bases confere benefícios que tornam imprescindível o seu emprego, conforme listado abaixo:

- Impedem a ocorrência do bombeamento, caracterizado pela expulsão de finos plásticos através das juntas quando da passagem de cargas pesadas e na presença de água;
- Uniformizam o suporte da fundação;
- Promovem incremento do coeficiente de recalque da fundação, notadamente quando são empregadas bases tratadas com cimento;
- Reduzem os efeitos prejudiciais de solo expansivos à estrutura do pavimento.

Para o dimensionamento da placa de concreto, foram adotadas as tabelas preconizadas pela ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland de correlação entre o coeficiente de recalque do subleito (k) e o Índice de Suporte Califórnia (CBR). Deste modo, para o projeto em questão, com o CBR do subleito de 5,0%, obtém-se como resultado da tabela um $k = 35,0$ MPa/m para o subleito. Levando-se em consideração a contribuição estrutural da camada de sub-base de CCR – Concreto Compactado com Rolo de espessura de 10,0 cm, obtém-se um coeficiente de recalque no topo do sistema (ou na camada imediatamente abaixo da placa) de $k = 111,0$ MPa/m.

4.5.3. Dimensionamento

O dimensionamento das estruturas propostas foi executado através do emprego do método empírico de dimensionamento de pavimentos flexíveis e semirrígidos oficializado pelo DNIT (Manual de Pavimentação, 2006) e posterior verificação mecânica. Foi realizado

também o dimensionamento de estrutura em pavimento rígido através da metodologia PCA/84 para que fosse possível elaborar uma análise comparativa técnica-econômica das soluções.

Salienta-se que o trecho em questão faz parte de um único segmento homogêneo, e desta forma não foram consideradas subdivisões sendo que os dados de tráfego utilizado são únicos para o segmento, adotando-se o pior caso, e todos os ensaios de investigações geotécnicas foram estatisticamente definidos de modo a abranger todo o segmento em questão, ou seja, o CBR de projeto e o número N são os mesmos para todos os dispositivos dimensionados: linha geral, acostamento, marginais e interseções.

Através da Avaliação Económica, foi estabelecido que a Linha Geral, Acostamentos e algumas interseções será constituído de solução em Pavimento Rígido. E, Acessos, Interseções, OAEs e Marginais serão constituídos de solução em Pavimento Flexível.

4.5.3.1. DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO RÍGIDO

O dimensionamento do pavimento rígido foi elaborado utilizando como base o método da Portland Cement Association (PCA) de 1984, sendo proposta a execução de concreto simples com juntas transversais com barras de transferência e acostamento de concreto, considerando três fatores intervenientes:

- Concreto: As propriedades do concreto, onde são firmadas as exigências quanto ao módulo de ruptura à tração na flexão, a idade do concreto a ser considerado na avaliação do módulo de ruptura, o método de ensaio, o princípio da ruptura do concreto por fadiga e a relação entre o número de solicitações de cargas e a relação de tensões;
- Tráfego: O tráfego, englobando o estudo das tensões causadas pelas cargas, da posição mais desfavorável destas em relação à placa de concreto, dos fatores de segurança, do período de projeto e da projeção da vida útil do tráfego, informado no item 4.5.1;
- Fundação: A fundação do pavimento, no caso correspondente ao pavimento existente sobre o qual será executada a placa de concreto, apresentado no item 4.5.2;
- O concreto de pavimentos em rodovias com tráfego de veículos pesados, são consideradas as seguintes características para o dimensionamento:
- Resistência de projeto: Resistência característica à tração na flexão igual a 4,5 MPa, medida aos 28 dias ($f_{ctM,k} = 4,5 \text{ MPa}$);

- Consumo de cimento mínimo 350 kg/m³ (previsto para idade de 28 dias);
- Resistência para liberação ao tráfego: Resistência característica à tração na flexão igual a 4,5 MPa, medida aos 07 dias ($f_{ctM,k} = 4,5 \text{ MPa}$);
- Consumo de cimento mínimo 400 kg/m³ (previsto para idade de 07 dias);
- Relação água/cimento $\leq 0,50$.

4.5.3.2. DIMENSIONAMENTO DA PLACA

O dimensionamento do pavimento rígido novo foi elaborado segundo o método da Portland Cement Association (PCA) publicado em 1984 nos EUA, contido no Estudo Técnico ET-97 – "Dimensionamento de Pavimentos Rodoviários e Urbanos de Concreto pelo Método da PCA/1984" da ABCP) e recomendado pelo Manual de Pavimentos Rígidos do DNIT, publicação IPR 714 de 2005.

O método PCA/84 está alicerçado em conhecimentos obtidos nos últimos decênios nas áreas de cálculo de tensões, geometria, construção e gerência desse tipo de pavimento. Este método introduziu o modelo de ruína por erosão da fundação do pavimento ao método anteriormente utilizado (PCA/66) que basicamente era fundamentado no modelo de fadiga do concreto.

O método da PCA/84 baseia-se em quatro pontos, descritos abaixo:

- Estudos teóricos clássicos sobre o comportamento de placas de concreto (Teorias de Westergaard e Pickett) e modernas análises de computador empregando elementos finitos, de acordo com Tayabji e Colley;
- Ensaios de laboratórios e de modelos sobre o comportamento de juntas, sub-bases e acostamentos e sua influência no desempenho do pavimento;
- Pistas experimentais, especialmente a da então AASHO, hoje denominada de ASSHTO, e estudos específicos levados a efeito por diversos órgãos rodoviários e aeroportuários;
- Observação metódica de pavimentos em serviço.

A conexão entre essas informações teóricas, de pesquisa e práticas, necessárias para a concepção de um procedimento de dimensionamento dito mecanístico (em contraposição aos métodos empíricos), no qual se integram os distintos parâmetros, é resolvido por uma análise completa das tensões e deformações em um modelo que emprega

elementos finitos. Em linhas gerais, o modelo trabalha com as propriedades do concreto, o tipo de fundação e os carregamentos solicitantes.

O dimensionamento do pavimento rígido novo foi elaborado para as seguintes condições:

- Período de Projeto: 30 anos;
- Fator de segurança – FSC: 1,20;
- Juntas com barras de transferência: Sim;
- Acostamento de concreto: Sim;
- CBR de projeto do Subleito: 5,0%;
- Coeficiente de recalque ou Modulo de reação do Subleito – k_{subleito} : 35,0 MPa/m;
- Sub-base em Concreto Compactado a Rolo – espessura: 10,0 cm;
- Coeficiente de recalque ou Modulo de reação do sistema – k_{sistema} : 111,0 MPa/m;
- Resistencia à tração na flexão do concreto: 4,50 MPa;
- O número de repetições das cargas devido as contagens de tráfego foram determinadas com base no Estudos de Tráfego, resumido no Capítulo 4.5.1;

Com os dados de concreto, tráfego e fundação, define-se a espessura da placa necessária para suportar as tensões de tração por flexão e as deformações verticais críticas produzidas pela passagem dos veículos.

O quadro apresentado na sequência apresenta a memória de cálculo do dimensionamento do pavimento rígido. O método de cálculo determina que o consumo de fadiga e de erosão sejam respectivamente abaixo de 100%.

A espessura calculada neste dimensionamento foi de 22 cm, apresenta-se na Figura 15 a planilha de cálculo.

Figura 15: Memória de Cálculo PCA/84 – Pavimento Rígido Novo

DIMENSIONAMENTO									
FUNDAÇÃO									
5,00%	CBR / ISC	35,0	Modulo de Reação - $k_{SUBLEITO}$ (Mpa/m)						
1	Quantidade de Camadas (Sub-Base / Base)								
Concreto compactado com rolo (CCR)			Tipo de sub-base						
10,0	Espessura da sub-base (cm)								
111,0	Modulo de Reação - $k_{SUB-BASE}$ (Mpa/m) - Estimado				Modulo de Reação - $k_{SISTEMA DE APOIO}$ (Mpa/m) - Adotado				111,0
DIMENSIONAMENTO PELA PCA/84									
Para o dimensionamento do pavimento rígido, foi utilizada a metodologia da PCA Portland Cement Association, versão 1984, compilada na ET-97, Dimensionamento de Pavimentos Rodoviários e Urbanos de Concreto pelo Método da PCA/1984 da Associação Brasileira de Cimento Portland									
PARÂMETROS DE PROJETO					SEÇÃO TRANSVERSAL				
22,0	Espessura da placa de concreto (cm)				Placa de concreto de cimento Portland (CCP) 22 cm Concreto compactado com rolo... 10 cm SUBLEITO CBR / ISC : 5%				
4,5	Resistência à tração na flexão do concreto (MPa)								
1,2	Fator de segurança de cargas (FSC)								
Sim	Acostamento de concreto / Apoio lateral								
Sim	Juntas transversais com barra de transferência								
ANÁLISE DE FADIGA E EROÇÃO									

Cargas por eixo (tf)	Carga por eixo (x) FSC (tf)	Nº de repetições previstas	ANÁLISE DE FADIGA		ANÁLISE DE EROÇÃO	
			Nº de repetições admissíveis	Consumo de Fadiga (%)	Nº de repetições admissíveis	Consumo de Erosão (%)
EIXO SIMPLES			1,098	Tensão Equivalente		
			0,244	Fator de Fadiga	2,219	Fator de Erosão
6,80	8,16	7.357.817	Ilimitado	0,00	Ilimitado	0,00
6,60	7,92	0	Ilimitado	0,00	Ilimitado	0,00
6,00	7,20	0	Ilimitado	0,00	Ilimitado	0,00
11,30	13,56	4.076.492	Ilimitado	0,00	18.020.122	22,62
11,10	13,32	0	Ilimitado	0,00	25.819.524	0,00
10,00	12,00	0	Ilimitado	0,00	Ilimitado	0,00
EIXO TANDEM DUPLO			0,924	Tensão Equivalente		
			0,205	Fator de Fadiga	2,264	Fator de Erosão
15,20	18,24	0	Ilimitado	0,00	Ilimitado	0,00
14,90	17,88	0	Ilimitado	0,00	Ilimitado	0,00
13,50	16,20	0	Ilimitado	0,00	Ilimitado	0,00
19,10	22,92	4.408.651	Ilimitado	0,00	Ilimitado	0,00
18,80	22,56	0	Ilimitado	0,00	Ilimitado	0,00
17,00	20,40	0	Ilimitado	0,00	Ilimitado	0,00
EIXO TANDEM TRIPLO			0,734	Tensão Equivalente		
			0,163	Fator de Fadiga	2,308	Fator de Erosão
28,70	34,44	2.757.923	Ilimitado	0,00	102.213.661	2,70
28,20	33,84	0	Ilimitado	0,00	Ilimitado	0,00
25,50	30,60	0	Ilimitado	0,00	Ilimitado	0,00
TOTAIS				0,00		25,32

Conclusão: Espessura de 22 cm da placa de concreto, **SUFICIENTE** pela análise de fadiga e erosão

A metodologia PCA/84 resultou em um Pavimento Rígido com Placa de Concreto de Cimento Portland com 22,0 cm de espessura e Concreto Compactado com Rolo (CCR) de espessura de 10,0 cm assentado acima do Subleito com pelo menos CBR $\geq 5,0\%$.

4.5.3.3. CONCEPÇÃO DAS PLACAS E JUNTAS

Os pavimentos rígidos estão sujeitos ao surgimento de fissuras transversais e longitudinais, provocadas pelas variações volumétricas do concreto, em função das variações térmicas e pela combinação dos efeitos do empenamento restringido das placas e dos esforços solicitantes gerados pela ação do tráfego.

A tecnologia disponibiliza dois dispositivos para o controle das fissuras:

- Emprego de armadura distribuída, sem função estrutural, com a finalidade de manter fortemente ligadas as faces das fissuras;
- Adoção de seções artificialmente enfraquecidas, induzindo a ocorrência de fissuras.

Para o projeto e execução das juntas são analisados o fenômeno de retração do concreto e as situações possíveis de posicionamento das rodas dos veículos. Nos casos em que as placas possuírem configurações irregulares, evita-se cantos de placas formando ângulos agudos, devendo ainda adotar armadura distribuída descontínua, sem função estrutural.

Para o projeto em questão foi definida concepção para a pista de rolamento com pavimento rígido simples, com barras de transferência nas juntas transversais de retração com espaçamento máximo entre juntas transversais de 5,0 m.

4.5.3.4. CÁLCULO DAS BARRAS DE TRANSFERÊNCIA

De acordo com o Estudo Técnico N°13 da Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP, o dimensionamento das barras de transferência é dado pelo Quadro 36.

Quadro 36: Bitola, comprimento e espaçamento de barras de transferência (Aço CA-25) (PCA/84)

Espessura da Placa (cm)	Bitola (Ø)	Comprimento (mm)	Espaçamento (mm)
até 17,0	20	460	300
17,5 – 22,0	25	460	300
22,5 – 30,0	32	460	300
> 30,0	40	460	300

Para o pavimento rígido de concreto dimensionado, com 22 cm de espessura, a barra de transferência terá diâmetro de 25 mm, comprimento de 46 cm e espaçamento de 30 cm.

4.5.3.5. CÁLCULO DAS BARRAS DE LIGAÇÃO

Para manter as placas livres de possíveis movimentos laterais e assegurar que, juntas, permitam a transferência de carga, utiliza-se barras de ligação na junta longitudinal.

O dispositivo de ligação é calculado pela seguinte formulação:

$$A_s = \frac{b \cdot f \cdot \gamma_c \cdot h}{100 \cdot S}$$

Onde:

A_s = área de aço necessária (cm^2/m);

b = distância entre a junta considerada e a junta ou borda livre mais próxima dela (m);

f = coeficiente de resistência entre a placa e o subleito ou sub-base;

γ_c = peso específico do concreto (N/m^3);

h = espessura da placa (m);

S = tensão admissível no aço (MPa).

A_s calculado = $0,86 \text{ cm}^2/\text{m}$ (placa com 22 cm).

O comprimento da barra de ligação é calculado da seguinte forma:

$$l = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{S \cdot d}{\tau_b} \right) + 7,5$$

Onde:

l = comprimento de uma barra de ligação (cm);

d = diâmetro da barra de ligação (cm);

τ_b = tensão de aderência entre o aço e o concreto (MPa);

7,5 = margem para prever possível descentralização da barra (cm).

l calculado = 75,53 cm

Para o pavimento rígido dimensionado, com 22 cm de espessura, a barra de ligação adotada terá diâmetro de 10 mm, comprimento de 80 cm e espaçamento de 90 cm.

4.5.4. Detalhes Técnicos

Na sequência serão apresentados alguns detalhes técnicos para a execução do pavimento rígido dimensionado:

- Junta transversal: a cada 5,0 m, com barra de transferência de aço CA-25 (liso) com $\varnothing = 25$ mm a cada 30 cm e comprimento de 46 cm.
- Junta longitudinal: com barra de ligação de aço CA-50 (corrugado) com $\varnothing = 10,0$ mm a cada 90 cm e comprimento de 80 cm.
- Placa de Concreto Simples: Concreto com resistência característica à tração na flexão de 4,5 MPa.
- Concreto Compactado com Rolo – CCR: com resistência característica a compressão de 5,0 MPa aos 7 dias. Sobre o CCR deverá ser aplicado produto de cura a base de emulsão asfáltica RR-2C, com taxa definida nas normas do DNIT.
- Poderá ser colocada uma lona plástica de 200 micra sobre a sub-base de CCR, com o intuito de isolar as duas camadas do pavimento (a ser definida durante a execução dos serviços).
- Placa com Armadura Superior: Nas placas irregulares, onde indicado em projeto, será adicionada tela soldada (Q-138) com malha 10x10 cm fio $\varnothing 4,2$ mm na parte superior das placas com 5 cm de cobrimento.
- Placa com Armadura Dupla: Nas placas de encontro com OAE, onde indicado em projeto, será adicionada tela soldada (Q-138) com malha 10x10 cm fio $\varnothing 4,2$ mm na parte superior das placas com 5 cm de cobrimento e tela soldada (Q-385) com malha 10x10 cm fio $\varnothing 7,0$ mm na parte inferior das placas com 5 cm de cobrimento.
- Selantes: O material selante deverá ser suficientemente aderente ao concreto, resistente à infiltração de água, à penetração de sólidos, durável, de manuseio não prejudicial à saúde do operador, devendo conservar essas propriedades em todas as condições ambientais e de tráfego.

Pela característica da rodovia define-se 10 anos como vida útil mínima para o material selante. Neste projeto, está sendo indicado o selante moldado a frio tipo SILICONE AUTONIVELANTE 890-SL (DOWSIL) ou similar.

4.5.5. Lista de Equipamentos para Execução

Para a execução do pavimento rígido, será necessário a mobilização dos seguintes equipamentos (principais):

- Central de concreto Dosadora e Misturadora – mínimo de 120 m³/h;
- Pavimentadora de Formas Deslizantes que atenda a largura de 7,0 m, com insensor de barras de ligação, sendo que a largura do equipamento não dificulte o plano de ataque de obra, principalmente o tráfego normal da via que ficará restrito a faixa não interrompida (no caso do Whitetopping);
- Régua treliçada vibratória para placas irregulares;
- Texturizadora a aplicadora de cura;
- Caminhão basculante para transporte do concreto das placas;
- Caminhão autobetoneira para transporte do concreto para a régua treliçada;
- Escavadeira hidráulica para auxiliar a pavimentadora de formas deslizante;
- Serra de disco diamantado de porte que atenda as produções diárias de corte;
- Ponte de serviço para auxiliar acabamentos e texturização;
- Viga Benkelman – levantamento deflexões do pavimento existente;
- Fresadora Wirtgen ou similar para nivelamento do pavimento asfáltico;
- Recicladora Wirtgen ou similar para regularização dos acostamentos;
- Motoniveladora;
- Retroescavadeira sobre pneus;
- Rolo liso vibratório;
- Caminhão tanque com irrigadora horizontal;
- Caminhão espargidor de emulsão asfáltica;
- Vassoura Mecânica.

4.5.6. Plano de Garantia do Controle de Qualidade

4.5.6.1. CONDIÇÕES GERAIS

O controle de qualidade dos trabalhos referentes a obra é da responsabilidade do Empreiteiro que deverá apresentar para aprovação, juntamente com o Plano de Trabalho e o cronograma financeiro, um Plano de Garantia e Controle de Qualidade, bem como o nome do responsável pela sua implementação. Este plano deve contemplar, no mínimo, o tipo e a frequência dos ensaios a serem realizados, devendo sempre atender o previsto nas Especificações Gerais Para Obras Rodoviárias do DER/PR.

A execução do pavimento rígido de concreto deverá obedecer, no que couber, as normas do DER/PR, bem como as Especificação de Serviço do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, normas DNIT 049/2013 – ES, DNIT 047/2004 – ES, DNIT 056/2013 – ES e DNIT 068/2004– ES, complementadas com as especificações técnicas da Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP.

Este controle não isenta o Empreiteiro de responsabilidade de deficiências e anomalias de construção que lhe sejam imputáveis.

4.5.6.2. PRESCRIÇÕES COMUNS A TODOS OS MATERIAIS

Todos os materiais a empregar devem obedecer:

- As normas e especificações brasileiras, documentos de homologação de laboratórios oficiais, regulamentos em vigor e especificações do DER/PR.
- Os materiais para o pavimento de concreto, e outros devem ser acompanhados, quando da sua entrada no canteiro da obra, de certificados de origem e qualidade de fabricação, passados pelo fabricante, comprovantes do atendimento às especificações do DER/PR. Estes materiais além das normas e regulamentos nacionais já referidos, devem cumprir as especificações próprias do fabricante.
- As dimensões e os materiais constituintes deverão ainda apresentar as características discriminadas nas especificações do DER/PR ou estabelecidas no Projeto Final de Engenharia.

4.5.6.3. PRESCRIÇÕES EM RELAÇÃO AOS EQUIPAMENTOS

O Empreiteiro se obriga a colocar, no canteiro de obras, em bom estado de conservação, os equipamentos requeridos para as obras, nas épocas previstas no Cronograma de Utilização dos Equipamentos, e sujeito à aprovação posterior do Contratante.

Os equipamentos poderão ser substituídos, no decorrer das obras, desde que atendam as mesmas especificações ou as tenham superiores, com a devida aprovação por

parte do Contratante. O Contratante poderá também pedir substituição de equipamentos que não atendam as especificações mínimas exigidas, ou em mau estado de conservação e operação.

O equipamento somente poderá ser retirado do canteiro de obras após o Término de sua utilização prevista, ou quando houver autorização escrita da Fiscalização.

Quando houver interrupção da execução ou diminuição do ritmo de trabalho por ordem do Contratante, e no interesse da Administração, o Empreiteiro estará dispensado de manter os equipamentos na obra, com prévia comunicação à Fiscalização, até a retomada do ritmo normal dos serviços, tendo em vista que a ociosidade dos equipamentos não será objeto de qualquer indenização por parte do Contratante.

A Fiscalização poderá determinar ao Empreiteiro um reforço do equipamento ou substituição de unidades defeituosas, caso venha a constatar que o mesmo é insuficiente para dar aos serviços o andamento previsto no plano de Execução.

Especial atenção deverá ser dada, quando for o caso, à instalação e funcionamento das instalações industriais (instalação de Britagem e Central de concreto), nas épocas previstas pelos Cronogramas Físico e de Utilização dos Equipamentos aprovados pelo Contratante.

O Empreiteiro deverá dispor de balança, própria ou locada, em local aprovado pela Fiscalização, para pesagem dos veículos transportadores de materiais, como cimento, concreto, aço etc.

A balança deverá possuir Certificado de aferição em vigor, expedido por organismo legalmente habilitado para tal fim, podendo ser exigida nova aferição pelo Contratante, se este julgar necessário.

4.5.6.4. PRESCRIÇÕES EM RELAÇÃO AO PESSOAL DO LABORATÓRIO

O Contratante pretende que o Empreiteiro realize por sua própria conta, independentemente do controle que venha a ser realizado pela Fiscalização, o controle de qualidade dos materiais e dos trabalhos a realizar para a execução das obras. Para tanto, o Plano de Garantia de Controle de Qualidade destaca a necessidade de que o pessoal do Empreiteiro responsável pela escolha dos locais dos ensaios e pela sua elaboração, seja constituído por laboratoristas credenciados, com considerável experiência em trabalhos viários, supervisionados por técnicos com larga experiência neste tipo de controle.

4.5.6.5. TIPOS DE ENSAIOS A REALIZAR

Devem ser realizados todos os ensaios previstos nas Especificações Gerais do DER/PR, referente a cada serviço realizado, essencialmente no que se refere a:

- Terraplenagem;
- Drenagem;
- Pavimentação; e
- Sinalização.

Os ensaios devem ser realizados segundo os Métodos de Ensaio do DER/PR e, na falta destes, devem ser utilizados os métodos de ensaios do DNIT ou outros determinados pela Fiscalização.

4.5.6.6. EQUIPAMENTOS LABORATORIAL PARA REALIZAÇÃO DE ENSAIOS

O Empreiteiro manterá no canteiro da obra um laboratório equipado com material suficiente para que possam ser realizados ensaios de controle da execução dos serviços durante todo o tempo que perdurarem as obras. Os ensaios serão procedidos em conformidade com as Especificações vigentes no DER/PR e serão realizados sob a orientação de pessoal técnico da própria Contratante e/ou de pessoal credenciado pelo mesmo para tal finalidade.

Os equipamentos de laboratório, constantes das obrigações contratuais do Empreiteiro, somente poderão ser retirados da obra após a conclusão dos serviços ou por autorização por escrito do Contratante.

4.5.6.7. FREQUÊNCIA DE ENSAIOS

O Empreiteiro obriga-se a satisfazer as frequências mínimas de ensaios indicadas nas Especificações Gerais do DER/PR, as quais, naturalmente, deverão ser ajustadas sempre que condições de heterogeneidade ou suspeição o determinem. Para além destes ensaios, a Fiscalização poderá tomar amostras e mandar proceder, por conta do Empreiteiro, as análises, ensaios e provas em laboratórios certificados à sua escolha e, bem assim, promover as diligências necessárias para verificar se mantêm as características do material.

No início de cada mês serão entregues à Fiscalização os boletins dos ensaios realizados no mês anterior. Os boletins de ensaios a utilizar respeitarão a forma em uso do Contratante.

Os ensaios deverão ser anotados individualmente contemplando, em cada camada da terraplenagem ou pavimento, todos os valores individuais obtidos. Por exemplo, de cada

camada dos corpos de aterros devem ser anotados todos os valores individuais de ensaios identificando o número da camada e profundidade referenciados ao estaqueamento da obra.

Com periodicidade mensal deverão ser apresentados relatórios em forma de planilha eletrônica (impressos e em meio digital) em modelo fornecido pelo Contratante.

Os ensaios serão sempre referenciados aos perfis transversais do projeto, normalmente de 20 em 20 metros. A critério da Fiscalização este espaçamento poderá ser menor, no caso das placas de concreto.

O Empreiteiro deverá apresentar, para cada fornecimento, um certificado do fabricante em que sejam indicadas a data e resultados de ensaios de controle de fabricação.

4.5.6.8. PRESCRIÇÕES PARA EXPLORAÇÃO DE PEDREIRAS

No Plano de Garantia de Controle de Qualidade serão consideradas todas as Especificações do DER/PR para a exploração de pedreiras.

O Empreiteiro deverá verificar os agregados graúdos e miúdos com respeito ao ensaio de reação álcali-agregado (RAA).

4.5.6.9. ESTUDO PARA CARACTERIZAÇÃO DO PAVIMENTO EXISTENTE

Para caracterização estrutural do pavimento existente, o Empreiteiro deverá se basear em ensaios de carga. Os ensaios de carga deverão ser efetuados com viga Benkelman ou com Deflectômetro de Impacto (FWD), em cada uma das vias.

Os pontos de ensaio deverão localizar-se ao longo das trilhas de roda externas da via ensaiada, em pontos afastados entre si de 40 em 40 metros, alternadamente, em relação ao eixo da pista, ou de 80 em 80 metros, em uma mesma faixa de tráfego, ou de acordo com as orientações da Fiscalização.

As temperaturas das camadas betuminosas, ocorridas no decurso da campanha de ensaios, deverão ser medidas em intervalos não superiores a uma hora.

Do relatório de análise dos resultados dos ensaios de carga constará um estudo de interpretação dos resultados obtidos, tendo em vista a caracterização estrutural do pavimento existente, contendo uma análise comparativa com os pressupostos de projeto para o dimensionamento do pavimento de concreto.

4.5.7. Plano de Trabalho

No Plano de Trabalho do Empreiteiro, deverão ser observados, além dos temas abaixo discriminados, as exigências de edital, Projeto Final de Engenharia, Especificações Gerais para Obras Rodoviárias do DER/PR, ou as do DNIT quando pertinente.

4.5.7.1. SEGURANÇA E CONVENIÊNCIA PÚBLICA

A movimentação de equipamentos e as operações de construção deverão ser executadas de tal maneira a proporcionar o mínimo possível de incômodo às propriedades limítrofes.

O Empreiteiro deverá prever medidas de proteção nas operações de transporte de agregados, concreto e outros insumos, objetivando impedir os derrames ao longo de vias públicas.

Cuidados especiais deverão ser tomados quanto à proteção de toda a propriedade pública e privada, envolvendo adutoras de água, redes de energia elétrica, telefone e outros serviços de utilidade pública.

Para informação e segurança dos usuários, o Empreiteiro deverá prever, em seu Plano de Trabalho, uma sinalização adequada nas frentes de serviço, desvios e caminhos de serviço.

O ataque aos serviços¹ deve ser feito de modo a promover o menor prejuízo possível ao trânsito da rodovia.

Com esse objetivo, qualquer serviço ou obra deve merecer cuidadosa e minuciosa programação, além dos procedimentos de segurança do trânsito adequadamente projetados e apresentados previamente à Fiscalização, para aprovação.

Por outro lado, deve ser lembrado que, por razões de segurança, os serviços noturnos devem ser evitados, salvo àqueles excepcionalmente de caráter necessário para a execução do pavimento de concreto.

¹ NOTA: A sequência de ataque deve se dar no sentido contrário ao da localização das instalações industriais (central de concreto), isto porque é facultativo ao Empreiteiro, mediante aprovação da fiscalização, a substituição da pedreira/central de concreto indicada neste Anteprojeto, desde que resguardadas as características técnicas exigidas. Desta forma, todo o planejamento de construção que envolva a execução do pavimento deve assegurar que não haverá tráfego de obra (caminhões carregados) passando sobre trechos recém executados, sem a devida comprovação da resistência mínima de projeto do concreto.

Relativamente ao plano de desenvolvimento e forma de ataque aos serviços concernentes a obra, descreve-se a seguir, em linhas gerais, o planejamento proposto, para que se obtenha os melhores resultados durante a construção.

4.5.8. Dimensionamento de Pavimento Flexível

O dimensionamento do pavimento flexível inicia-se com um pré-dimensionamento pelo Método do DNIT tem procedimento bastante difundida e é de domínio geral, tendo como premissa básica a proteção das camadas quanto à ruptura por cisalhamento. Nele, definem-se as espessuras equivalentes de pavimento necessárias para a proteção das camadas subjacentes em função do índice de Suporte Califórnia (CBR). Já as espessuras de cada camada são dadas em função de seus coeficientes de equivalência estrutural.

Posteriormente é submetido o pré-dimensionamento a análise mecanística, através de modelos matemáticos que verificarão as deformações e deslocamentos das camadas asfálticas, deformações no subleito e tensões de tração nas camadas cimentadas. Caso o pré-dimensionamento não esteja apto pela análise mecanicista, se procederam com acréscimo de espessura das camadas solicitantes indicadas pelo modelo matemático utilizado.

4.5.8.1. PRÉ-DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DO DNIT

Para o pré-dimensionamento, no que diz respeito às camadas betuminosas, recomenda-se a adoção de uma espessura mínima no intuito de se proteger a camada de base dos esforços impostos pelo tráfego e evitar a ruptura do revestimento por esforços repetidos de tração na flexão. Esses valores mínimos para a espessura de revestimento são apresentados no **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Quadro 37: Valores mínimos para a espessura de revestimento

PARÂMETRO DE TRÁFEGO	TIPO E ESPESSURA
$N \leq 10^6$	Tratamentos Superficiais Betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Rev. Betuminoso com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Rev. Betuminoso com 7,5cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Rev. Betuminoso com 10,0cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Rev. Betuminoso com 12,5cm de espessura

Dessa forma, o dimensionamento baseia-se nos seguintes parâmetros:

- Índice de Suporte Califórnia do subleito (CBR);
- Número de operações do eixo padrão de 8,2 tf (Número N_{USACE}); e

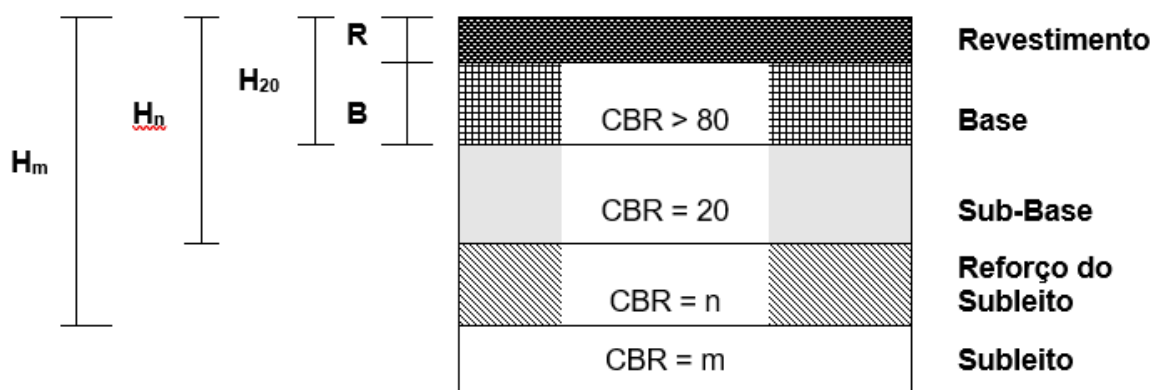
- Coeficientes de equivalência estrutural das camadas do pavimento (K).

A partir do número N e da capacidade de suporte da camada em análise é possível definir a espessura equivalente em material granular (H) necessária para a proteção da mesma, conforme equação abaixo:

$$H = 77,67 \cdot N^{0,0482} \cdot CBR^{-0,598}$$

A definição das espessuras equivalentes para a proteção de cada camada separadamente é realizada para o subleito (H_m), o reforço do subleito (H_n) e a sub-base (H_{20}), conforme a Figura 16 apresentada na sequência.

Figura 16: Esquema constituinte do pré-dimensionamento pelo Método do DNIT



As espessuras individuais das camadas constituintes do pavimento são calculadas com base nos critérios a seguir:

$$R \cdot K_R + B \cdot K_B \geq H_{20}$$

$$R \cdot K_R + B \cdot K_B + h_{20} \cdot K_{20} \geq H_n$$

$$R \cdot K_R + B \cdot K_B + h_{20} \cdot K_{20} + h_n \cdot K_n \geq H_m$$

Onde:

R, B, h_{20} e h_n : espessuras do revestimento, base, sub-base e reforço;

K_R , K_B , K_{20} e K_n : Coeficientes estruturais do revestimento, base, sub-base e reforço;

Revestimento em CBUQ, coeficiente estrutural $K_R = 2,0$;

Base ou sub-base granular, coeficiente estrutural K_B , K_{20} , $K_n = 1,0$;

Ressalta-se que os coeficientes estruturais são apresentados no Manual de Pavimentação do DNIT, conforme é apresentado no Quadro 38.

Quadro 38: Coeficiente de equivalência estrutural pelo Método DNIT

Componentes do Pavimento	Coeficiente K
Base ou revestimento de concreto betuminoso	2,00
Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa	1,70
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa	1,40
Base ou revestimento betuminoso por penetração	1,20
Camadas Granulares	1,00
Solo-cimento com resistência à compressão a 7 dias, superior a 45 kg/cm	1,70
Solo-cimento com resistência à compressão a 7 dias, entre 45 kg/cm e 28 kg/cm	1,40
Solo-cimento com resistência à compressão a 7 dias, entre 28 kg/cm e 21 kg/cm	1,20

Baseado na metodologia e premissas apresentadas foi realizado o pré-dimensionamento do pavimento flexível utilizando-se o método do DNIT, onde obteve-se uma estrutura composta por 10,0 cm de revestimento, 15 cm de base de brita graduada simples (BGS) e 15 cm de sub-base de macadame seco, conforme é apresentado na Figura 17.

Figura 17: Dimensionamento do Pavimento Flexível – Metodologia DNIT

DIMENSIONAMENTO MÉTODO EMPÍRICO DNER/DNIT

Dimensionamento N°	
Resistência do Subleito	10,00%
Tráfego	

DADOS INICIAIS:

CBR - Subleito	10,00%	
CBR - Reforço do Subleito	10,0%	
CBR - Sub-base	20%	
Número "N"	USACE	AASHTO
	3,77E+07	9,49E+06

Tabela 6:

Espessura Revestimento	10,00 cm
Esp. Rev. Adotado	10,00 cm

Equação 3:

$$H = 77,67 \times N^{0,0482} \times (CBR \times 100)^{-0,598}$$

	USACE
H _t	45,44 cm
H _n	45,44 cm
H ₂₀	30,02 cm

Tabela 5:

K _R	2,00
K _B	1,00
K ₂₀	1,00
K _n	1,00

$$R \times K_R + B \times K_B \geq H_{20}$$

$$B \geq \frac{H_{20} - (R \times K_R)}{K_B}$$

	USACE	
B (Espessura da Base)	10,02 cm	
B _{adot} (Espessura da Base)	15,00 cm	VERIFICA

$$R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_{20} \geq H_n$$

$$h_{20} \geq \frac{H_n - (R \times K_R) - (B \times K_B)}{K_{20}}$$

	USACE	
h ₂₀ (Espessura Sub-Base)	10,44 cm	
h _{20-adot} (Espessura Sub-Base)	15,00 cm	VERIFICA

$$R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_{20} + H_n \times K_n \geq H_m$$

$$H_n \geq \frac{H_m - (R \times K_R) - (B \times K_B) - (h_{20} \times K_{20})}{K_n}$$

	USACE	
H _n (Esp. Reforço Subleito)	-4,56 cm	
H _n (Esp. Reforço Subleito)	0,00 cm	VERIFICA

4.5.8.2. ANÁLISE MECANÍSTICA

Foram empregados Modelos Mecanísticos para a análise de deformações e deslocamentos das camadas asfálticas; deformações no subleito e tensões de tração nas camadas cimentadas.

A fadiga e a deformação são as condições fundamentais da avaliação estrutural de pavimentos. Assim, procurou-se determinar diversos indicadores estruturais representados pelas deformações verticais reversíveis (deflexões) na superfície (D), deformações horizontais de tração (ϵ_t) no revestimento e pela deformação vertical o topo do subleito (ϵ_v).

A análise de desempenho das estruturas é realizada através da verificação da compatibilidade entre esforços solicitantes (devidos à aplicação de cargas de tráfego) e os esforços resistentes, intrínsecos de cada material, traduzidos pelas equações de fadiga apresentadas adiante. Quando as estruturas inicialmente testadas em simulações computacionais não atendem aos parâmetros admissíveis (ou desejados) de cada material, devem ser realizadas adequações nas espessuras das camadas de forma a se obter um pavimento equilibrado para atender o período de projeto desejado.

Os modelos ou critérios Mecanísticos empregados neste estudo são apresentados a seguir.

4.5.8.3. DEFORMAÇÃO VERTICAL MÁXIMA NO REVESTIMENTO

Os deslocamentos verticais máximos no topo do revestimento ocorrem devido às tensões e deformações das camadas estruturais constituintes do pavimento e do subleito em resposta ao carregamento na superfície do pavimento. Portanto, é necessário verificar os valores de deslocamentos verticais recuperáveis máximos no topo do pavimento de modo a garantir deformações inferiores às deformações de projeto.

Como critério comparativo, definiu-se a Deflexão Limite ou Admissível (0,01 mm), com base no Procedimento DNER PRO 11/79, com emprego da expressão:

$$\log D_{adm} = 3,01 - 0,176 \cdot \log N_{USACE}$$

Onde:

D_{adm} = deflexão admissível (deslocamento vertical máximo da superfície do pavimento); e

N_{USACE} = número equivalente de operações de eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN acumulado para o período de projeto (do critério de equivalência do USACE).

4.5.8.4. FADIGA QUANTO ÀS DEFORMAÇÕES DAS MISTURAS BETUMINOSAS

As deformações horizontais de tração (ϵ_t) nas faces inferiores das camadas betuminosas, causadas pelos carregamentos na superfície dos pavimentos, se forem excessivas, poderão causar ruptura por fadiga dessas camadas.

Desta forma, existe um número muito grande de procedimentos analíticos de projeto que consideram a deformação específica de tração na face inferior da camada betuminosa como o fator determinante da fadiga. No caso em estudo foi utilizada a equação definida por Federal Highway Administration (FHWA, 1976):

$$N_{AASHTO} = 1,09 \cdot 10^{-6} \cdot \left(\frac{1}{\epsilon_t}\right)^{3,512}$$

Onde:

N_{AASHTO} = número de operações para a ruptura do pavimento por fadiga (Método da AASHTO);

ϵ_t = deformação específica horizontal de tração.

4.5.8.5. DEFORMAÇÕES DE COMPRESSÃO NO SUBLEITO

O solo de fundação é normalmente o material menos resistente da estrutura, portanto é por ele que se inicia a verificação estrutural. Entretanto, uma vez confirmado o seu desempenho, é importante efetuar-se também a análise global para assegurar eventuais problemas devido ao fenômeno da deformação permanente.

A análise é feita comparando-se a máxima deformação específica vertical de compressão (ϵ_v) atuante no topo do subleito, considerando-se um sistema de camadas elásticas, comparando-as com os valores admissíveis correspondentes ao material utilizado.

Nos pavimentos rodoviários onde o tráfego é canalizado, a deformação permanente em geral se manifesta nas chamadas trilhas de roda. Essa deformação devida ao cisalhamento é um dos fatores que precisa ser levado em conta no projeto racional de pavimentos, objetivando-se minimizar as deformações totais dos mesmos.

O critério da fadiga para deformações verticais de compressão do subleito é idêntico aos modelos adotados para a fadiga de misturas betuminosas e expresso neste trabalho por uma equação da seguinte forma (Dormon & Metcalf, 1965):

$$N_{USACE} = 6,069 \cdot 10^{-10} \cdot (\epsilon_v)^{-4,762}$$

Onde:

N_{USACE} = número de operações para a ruptura do pavimento por fadiga (Método da USACE); e

ε_v = deformação específica vertical de compressão.

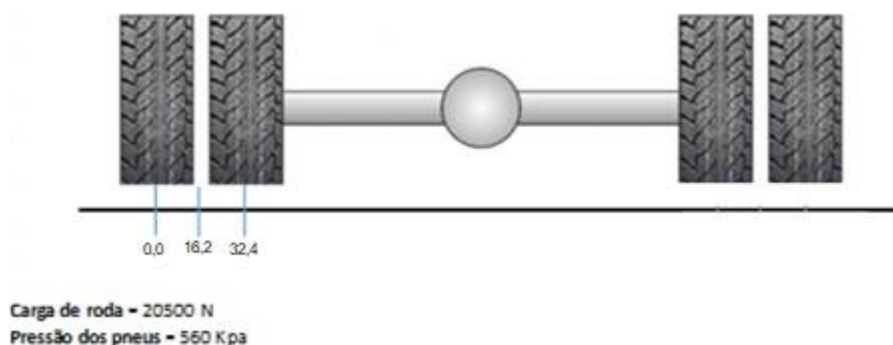
Para a verificação mecanística do pavimento utilizou-se o programa computacional ELSYM5 (Elastic Layered System), o qual permite a obtenção de respostas elásticas em estruturas de pavimento com camadas múltiplas, sob a ação de carregamentos formados por áreas de contato circulares. O ELSYM5 foi desenvolvido segundo a formulação matemática da teoria da elasticidade desenvolvida por Burmister para meios semi-infinitos estratificados. Utiliza modelagem elástico-linear (módulos resilientes constantes e independentes do estado tensional) e o procedimento de cálculo é o do método das diferenças finitas.

As solicitações usualmente impostas pelo tráfego rodoviário são de natureza dinâmica e apresentam particularidades no que diz respeito à distribuição e à conformação geométrica das cargas, em função dos tipos de veículos considerados. Para definir a pressão vertical de contato, admitiu-se um valor aproximadamente igual ao da pressão de enchimento dos pneus. Desse modo, considerando-se as características técnicas dos veículos comerciais, os tipos de pneu mais usuais e as cargas por eixo-padrão de 8,2 ton., constatou-se que o valor mais representativo da pressão de enchimento é da ordem de 5,60 kgf/cm² (80 psi).

Quanto à forma e às dimensões da superfície de contato pneu-pavimento, vários estudos revelam contornos, em geral, irregulares e distribuição da pressão de contato não uniforme, com maior concentração nos bordos do que no centro do pneu, principalmente a baixas pressões de enchimento. Com a finalidade de se definir uma forma geométrica de carregamento e considerando a dificuldade de se ter em conta uma distribuição heterogênea de pressões no contato pneu-pavimento, admitiu-se que as cargas se distribuem uniformemente em uma área circular de raio r igual a 10,79 cm.

Este procedimento, além de simplificar os cálculos analíticos para determinação das tensões e deformações que se desenvolvem em sistemas estratificados, conduz a resultados sensivelmente análogos àqueles obtidos a partir de considerações mais elaboradas, com outras formas de impressão de contato e distribuições de carga não uniformes. Para o presente projeto, foi considerado o eixo padrão rodoviário de 8,2 ton, simples com rodas duplas com as características apresentadas na Figura 18.

Figura 18: Características do Eixo Padrão Considerado

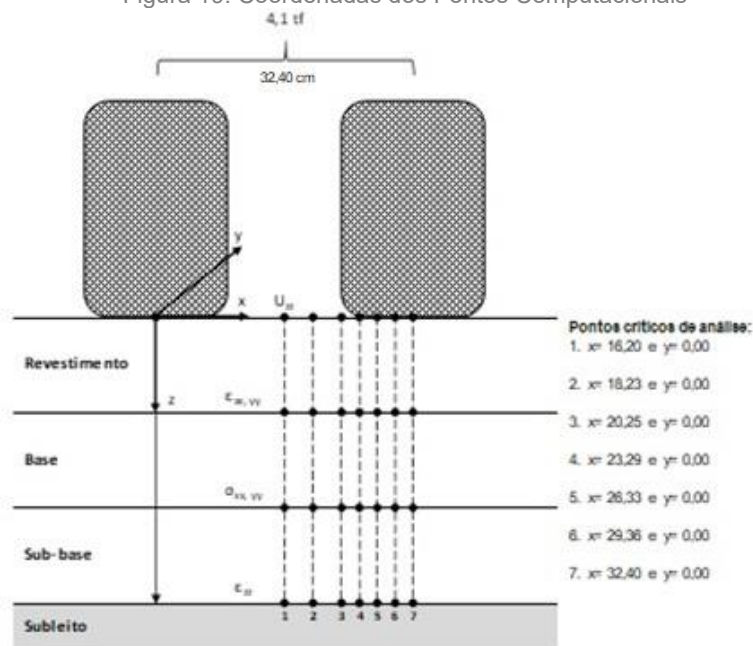


Na sequência, indicam-se as coordenadas x e y das três verticais tomadas como suporte dos pontos computacionais. As profundidades z dos pontos computacionais considerados em cada modelo foram as compatíveis com as respostas críticas relacionadas com os distintos critérios de dano levados em conta na análise efetuada, a saber:

- Fibra inferior do revestimento: deformação máxima específica horizontal de tração (ϵ_t);
- Topo do subleito: deformação máxima específica vertical de compressão (ϵ_v).

Além destes esforços, foi determinado o deslocamento vertical no centro de carga do semi-eixo na superfície do revestimento (D0), para comparação com a deflexão tomada com a viga Benkelman.

Figura 19: Coordenadas dos Pontos Computacionais



A avaliação foi feita com base em análise racional das estruturas, a partir do cálculo das tensões e das deformações que atuam nas camadas de um sistema estratificado,

solicitado por cargas exteriores. Os fundamentos desta técnica são ditados pelos princípios clássicos da Mecânica dos Pavimentos e da Teoria da Elasticidade.

Para as camadas constituintes da estrutura dos pavimentos utilizaram-se como referência os parâmetros de módulos de resiliência de acordo com o Quadro 39.

Quadro 39: Valores de módulo de resiliência

Material	Intervalos de Valores de Módulos de resiliência ou Elasticidade (MPa)
Misturas asfálticas:	
- Revestimento (CAP 50-70)	3.000 – 6.500
- Revestimento (CAP 30-45)	2.500 – 4.500
- Revestimento (ligante modificado com polímero)	3.500 – 10.500
- Revestimento (ligante modificado com borraça)	1.700 – 6.500
- Binder (CAP 50-70)	2.500 – 4.000
- Binder (CAP 30-45)	2.000 – 3.000
- Pré-misturado a quente	2.000 – 2.500
- Pré-misturado a frio	1.000 – 1.400
Materiais granulares:	
- Brita graduada sobre camada granular	200 – 380
- Brita graduada sobre camada cimentada	350 – 450
- Macadame seco	100 – 300
- Solo-brita	150 – 350
Materiais estabilizados quimicamente:	
- Solo-cimento	400 – 11.000
- Brita graduada tratada com cimento	7.000 – 15.000
- Reciclado com cimento	4.000 – 7.000
- Reciclado com espuma	800 – 2.000
- Concreto compactado com rolo	7.000 – 29.500
Concreto de Cimento Portland	30.000 – 35.000
Solos finos em base e sub-base	150 – 300
Solos finos em subleito e reforço do subleito:	
- Solos de comportamento laterítico LA, LA', LG'	100 – 200
- Solos de comportamento não laterítico	25 - 75
Solos finos melhorados com cimento para reforço do subleito	200 - 400

Conforme mencionado anteriormente, o CBR de projeto ficou determinado como 10%, e deste modo, para o módulo do subleito, utilizou-se as correlações entre o módulo de resiliência e capacidade de suporte, conforme a equação desenvolvida por W. Heukelom e A. Klomp, descrita a seguir.

$$MR = 100 \cdot CBR \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

Para a determinação das respostas elásticas (tensões e deformações) foram utilizados os parâmetros apresentados na tabela a seguir:

Quadro 40: Parâmetros de Cálculo Utilizados no ELSYM5

Material	Módulo de Resiliência (kgf/cm ²)	Coefficiente de Poisson
Concreto Asfáltico	35.000	0,30
Brita Graduada	3.000	0,35
Macadame Seco	2.000	0,35
Subleito	1.000	0,45

Após o pré-dimensionamento pelo método do DNIT, foi realizada a verificação mecânica da estrutura considerando-se critérios anteriormente citados, conforme demonstrado a seguir.

Quadro 41: Pavimento Flexível - Verificação Mecânica – Método do DNIT

Tabela Resumo de Verificação Mecânica - Estrutura Tentativa 01 - Método DNIT													
Material	Módulo (kgf/cm2)	Coef. De Poisson	Espessura (cm)	Profundidade e de Análise (cm)	N USACE	N AASHTO	Esforços Limites Máximos			Esforços Atuantes (*)			Esforços Limites ≥ Atuantes?
							PRO 011/79	FHWA (1976)	Dormon & Metc	Uz	Exx/Eyy	Ezz	
							D (x 10-2 mm)	σt (x10-4)	σv (x10-4)	D (x 10-2 mm)	σt (x10-4)	σv (x10-4)	
CBUQ Faixa C Polimerizado	35000	0,30	10,0	0,00	3,770E-07	9,490E-06	47,49	-	-	41,49	-	-	VERIFICA
				-			2,0690E-04	-	2,177E-04	-	NÃO VERIFICA		
BGS	3000	0,35	15,0	-			-	-	-	-	-	-	
Macadame Seco	2000	0,35	15,0	-			-	-	-	-	-	-	
-	-	-	0,0	-			-	-	-	-	-	-	
Subleito (CBR ≥ 10%)	≈1000	0,45	∞	40,01			-	-	2,975E-04	-	-	4,045E-04	NÃO VERIFICA

Verificou-se que a estrutura pré-dimensionada pelo método do DNIT não atende aos critérios mecanicistas. Deste modo, foi realizada a análise mecânica para estruturas distintas (com mesmo material e diferentes espessuras) que possibilitou a indicação de uma estrutura de pavimento com as espessuras mínimas de cada camada de forma a atender aos critérios mecânicos. As tentativas para encontrar uma estrutura mínima, tomaram como base a resultante do método do DNIT e levaram em consideração o aumento da espessura da camada de sub-base e base, nesta sequência, até atingir o limite máximo executivo determinado pelas especificações técnicas, isto é, 21 cm para macadame seco e 20 cm para brita graduada.

Após seguintes tentativas, determinou-se uma estrutura mínima composta por 11,0 cm de revestimento, 20 cm de base de Brita Graduada Simples (BGS) e 20 cm de Macadame seco a ser executada sobre um subleito com CBR ≥ 10%. Na sequência são apresentadas tentativas e solução atendida pelos critérios. Os *outputs* do software são apresentados no Anexo I.

Quadro 42: Pavimento Flexível - Verificação Mecânica – Tentativas e solução

Tabela Resumo de Verificação Mecânica - Estrutura Tentativa 01													
Material	Módulo (kgf/cm2)	Coef. De Poisson	Espessura (cm)	Profundidade e de Análise (cm)	N USACE	N AASHTO	Esforços Limites Máximos			Esforços Atuantes (*)			Esforços Limites ≥ Atuantes?
							PRO 011/79	FHWA (1976)	Dormon & Metc	Uz	Exx/Eyy	Ezz	
							D (x 10-2 mm)	σt (x10-4)	σv (x10-4)	D (x 10-2 mm)	σt (x10-4)	σv (x10-4)	
CBUQ Faixa C Polimerizado	35000	0,30	11,0	0,00	3,770E+07	9,490E+06	47,49	-	-	37,66	-	-	VERIFICA
				10,99			-	2,0690E-04	-	1,974E-04	-	VERIFICA	
BGS	3000	0,35	19,0	-			-	-	-	-	-	-	
Macadame Seco	2000	0,35	20,0	-			-	-	-	-	-	-	
-	-	-	0,0	-			-	-	-	-	-	-	
Subleito (CBR ≥ 10%)	≈1000	0,45	∞	50,01			-	-	2,975E-04	-	-	2,996E-04	NÃO VERIFICA

Tabela Resumo de Verificação Mecânica - Estrutura Tentativa 02													
Material	Módulo (kgf/cm2)	Coef. De Poisson	Espessura (cm)	Profundidade e de Análise (cm)	N USACE	N AASHTO	Esforços Limites Máximos			Esforços Atuantes (*)			Esforços Limites ≥ Atuantes?
							PRO 011/79	FHWA (1976)	Dormon & Metc	Uz	Exx/Eyy	Ezz	
							D (x 10-2 mm)	σ t (x10-4)	σ v (x10-4)	D (x 10-2 mm)	σ t (x10-4)	σ v (x10-4)	
CBUQ Faixa C Polimerizado	35000	0,30	11,0	0,00	3,770E+07	9,490E+06	47,49	-	-	37,38	-	-	VERIFICA
							-	2,0690E-04	-	-	1,965E-04	-	VERIFICA
BGS	3000	0,35	20,0	-			-	-	-	-	-	-	
Macadame Seco	2000	0,35	20,0	-			-	-	-	-	-	-	
-	-	-	0,0	-			-	-	-	-	-	-	
Subleito (CBR ≥ 10%)	≈1000	0,45	∞	51,01			-	-	2,975E-04	-	-	2,919E-04	VERIFICA

A Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos (ABEDA), através da publicação “Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros” 2a edição, resume em seu capítulo 4, “Tipos de Camadas Asfálticas”, as recomendações feitas por Ceratti et al., 2015, relacionando o número N com os ligantes asfálticos compatíveis a serem consideradas no projeto de pavimentação. A tabela a seguir resume as divisões consideradas por Ceratti et al., 2015.

Figura 20: Classificação do Tráfego segundo Ceratti et al. (2015)

Designação segundo o nível de tráfego	Número N de repetições equivalentes de carga do eixo-padrão de 80kN ou 8,2tf (USACE – DNIT, 2006a) (1)	Rodovias e vias típicas nesta categoria ⁽²⁾
B: Baixo volume de tráfego	$\leq 10^6$	Vias de tráfego local, estradas vicinais, rodovias com tráfego de algumas dezenas ou poucas centenas de veículos comerciais diários, vias urbanas de pequena solicitação por tráfego comercial etc.
M: Moderado volume de tráfego	$10^6 < N \leq 10^7$	Vias e rodovias coletoras, rodovias de pista simples ou dupla, rodovias com centenas de veículos comerciais diários, acessos rodoviários etc.
A: Alto volume de tráfego	$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Rodovias e vias urbanas em geral com pista dupla, com 2 ou mais faixas por sentido, rodovias com tráfego de várias centenas até um ou dois milhares de veículos comerciais diários, implantação de terceiras faixas para caminhões lentos em pistas simples, faixas de ônibus urbanos etc.
MP: Muito pesado – volume muito alto de tráfego e vias especiais	$N > 5 \times 10^7$	Rodovias e vias de tráfego muito pesado, com 2 ou mais faixas por sentido, com grande participação de veículos comerciais, rodovias que ultrapassem em geral 2.000 veículos comerciais diários, corredores de ônibus tipo BRT com elevada solicitação, acessos a terminais de carga etc.

Para o projeto da rodovia PR-466, o número N do projeto se enquadra como: “A” Alto volume de tráfego, e por isso foram considerados os seguintes ligantes no detalhamento do projeto de pavimentação.

Ligante com asfalto modificado por polímero do tipo CAP 55/75-E, para o revestimento;

Figura 21: Ligantes para camada de revestimento segundo Ceratti et al. (2015)

Tipos de serviços (misturas usinadas e tratamentos superficiais)	Nível de tráfego: A (alto volume de tráfego $10^7 < N \leq 5 \times 10^7$)									
	Ligantes asfálticos a quente									
	CAP convencional			CAP modificados						CAP de baixa penetração (modificado ou não)
				CAP elastomérico				CAP borracha		
	30-45	50-70	85-100 ou 150-200	55/75-E	60/85-E	65/90-E	Altamente modificado	AB8	AB22	
Camadas intermediárias (binder) e bases										
Misturas asfálticas usinadas a quente ou mornas (binder e base)	✓		✗	✓✓	✓✓	✓✓	✓	✓✓		
EME - mistura de módulo elevado (base)										✓✓
SAMI (sobre camada que possui trinças de retração)						✓	✓✓		✓	
Camadas de rolamento: misturas usinadas										
Concreto asfáltico - CA	✓	✗	✗	✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓		
Camada porosa de atrito - CPA(*)	✗	✗	✗	✗	✓	✓✓	✓✓	✓	✗	
Mistura asfáltica tipo <i>Gap Graded</i> -GG(*)	✗	✗	✗	✗	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✗	
Mistura asfáltica tipo BBTM / RAUD(*)	✗	✗	✗	✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓		
Mistura asfáltica tipo SMAI(*)	✗	✗	✗	✓	✓✓	✓✓	✓✓	✗	✗	

- ✗ **Não adequado:** produto cuja aplicação não é indicada tecnicamente.
- ✓ **Adequado:** produto cuja aplicação pode levar ao sucesso técnico (pressupõe realização de ensaios de dosagem e de propriedades, seguindo especificações, e aplicação dentro das boas técnicas executivas).
- ✓✓ **Recomendado:** produto cuja aplicação é recomendada do ponto de vista técnico e de durabilidade (pressupõe realização de ensaios de dosagem e de propriedades, seguindo especificações, e aplicação dentro das boas técnicas executivas).

Destaca-se que considerar a camada de revestimento em concreto asfáltico com polímero não interfere nos parâmetros apresentados para o dimensionamento da estrutura, sendo que sua utilização oferece mais resistência às tensões exercidas no pavimento.

- Emulsão asfáltica modificada por polímero do tipo RR-1C-E, para a pintura de ligação;
- Emulsão asfáltica modificada por polímero do tipo RR-2C, para a pintura de cura;
- Emulsão asfáltica para imprimação (EAI), para a imprimação;

Ressalte-se que para a pintura de cura foi utilizado a recomendação da Especificação de Serviço do DER-ES-PA-17-23.

Figura 22: Ligantes asfálticos para pintura de ligação e imprimação segundo Ceratti et al. (2015)

Tipos de ligantes asfálticos	Tráfego			
	B Baixo	M Moderado	A Alto	MP Muito Pesado
Pinturas de ligação (entre camadas asfálticas de revestimento ou entre revestimento e base asfáltica)				
Emulsões asfálticas RR-1C ou RR-2C	✓	✓		
Emulsões asfálticas modificadas elastomérica RR-1CE	✓	✓✓	✓✓	✓✓
Emulsões asfálticas modificadas elastomérica RR-2CE	✓	✓	✓	✓
Imprimação (sobre camadas de base não cimentada)				
Emulsões asfálticas para imprimação EAI	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓
Asfalto diluído CM30 (em desuso)	✓	✓	✓	✓
Imprimação (sobre camadas de base cimentada)				
Emulsões asfálticas para imprimação EAI(*)	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓
Asfalto diluído CM30 (em desuso)	✗	✗	✗	✗

- ✗ **Não adequado:** produto cuja aplicação não é indicada tecnicamente.
- ✓ **Adequado:** produto cuja aplicação pode levar ao sucesso técnico (pressupõe realização de ensaios de dosagem e de propriedades, seguindo especificações, e aplicação dentro das boas técnicas executivas).
- ✓✓ **Recomendado:** produto cuja aplicação é recomendada do ponto de vista técnico e de durabilidade (pressupõe realização de ensaios de dosagem e de propriedades, seguindo especificações, e aplicação dentro das boas técnicas executivas).

4.5.9. Resumo das Soluções

Conforme apresentado anteriormente, foram dimensionadas estruturas de pavimento (flexível e rígido) buscando-se definir a solução com maior viabilidade técnica e econômica.

Na Figura 24 é apresentado o croqui com a estrutura de pavimento rígido obtido pelo emprego do método do PCA/84, recomendado pela ABCP, para implantação na Linha Geral, Acostamentos, Faixas Adicionais e alguns acessos.

Figura 23: Solução de Implantação em Pavimento Rígido

Placa de Concreto de Cimento Portland ($f_{ctm,k} \geq 4,5$ MPa)	22,0 cm
Concreto Compactado com Rolo $f_{ck} \geq 5,0$ MPa	10,0 cm
Subleito	CBR $\geq 5,0\%$

- Lona + Pintura de Cura com RR-2C
- Regularização do Subleito

Na Figura 24 é apresentado o croqui com a estrutura de pavimento flexível obtida pelo emprego do pré-dimensionamento pelo método do DNIT e posteriormente realizado a análise mecanística para os dispositivos de Interseção, Acessos e Marginais.

Figura 24: Solução de Implantação em Pavimento Flexível

Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) Polimerizado - CAP 55/75-E - Faixa C ($MR \geq 35.000$ kgf/cm ² ; Coef. Poisson= 0,30)	5,0 cm
Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) Polimerizado - CAP 55/75-E - Faixa C ($MR \geq 35.000$ kgf/cm ² ; Coef. Poisson= 0,30)	6,0 cm
Brita Graduada Simples (BGS) ($MR \geq 3.000$ kgf/cm ² ; Coef. Poisson= 0,35)	20,0 cm
Macadame Seco (MS) ($MR \geq 2.000$ kgf/cm ² ; Coef. Poisson= 0,35)	20,cm
Subleito ($MR \geq 1.000$ kgf/cm ² ; Coef. Poisson= 0,45)	CBR $\geq 10,0\%$

- Pintura de Ligação com RR-1C-E
- Imprimação com EAI + Pintura de Ligação com RR-1C-E
- Regularização do Subleito

4.5.10. Especificações de Serviço

Na execução do pavimento rígido de concreto devem ser empregadas as seguintes especificações construtivas - Normas do DER/PR, DNIT e ABNT:

Quadro 43: Especificações dos materiais a serem adotados para o Pavimento Rígido

ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS E NORMAS	
DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO
Regularização do Subleito	DER/PR-ES-PA-01-23
Brita Graduada	DER/PR-ES-PA-05-23
Pinturas Asfálticas	DER/PR-ES-PA-17-23
Pavimento Rígido	DER/PR-ES-PA-35-23
Pavimento rígido – Estudos de traços e ensaios de caracterização de matérias – Procedimento	DNIT 054/2004
Pavimento rígido – Selante de junta – Especificação de material	DNIT 046/2004
Pavimento rígido – Execução de pavimento rígido com equipamento de pequeno porte - especificação de serviço	DNIT 047/2004
Pavimento rígido – Execução de pavimento rígido com equipamento de forma-trilho - Especificação de serviço	DNIT 048/2004
Pavimento rígido – Execução de pavimento rígido com equipamento de forma deslizante - Especificação de serviço	DNIT 049/2013
Pavimento rígido – Sub-base de concreto de cimento Portland compactado com rolo – Especificação de serviço	DNIT 056/2013
Pavimento Rígido - Execução de camada superposta de concreto do tipo Whitetopping por meio mecânico - Especificação de serviço	DNIT 068/2004
Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto – Procedimento	NBR 5738
Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos de concreto	NBR 5739
Aço destinado a armadura para estrutura de concreto armado – Especificações.	NBR 7480
Determinação da consistência do concreto pelo abatimento do tronco de cone - Ensaio de abatimento	NBR 7223
Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de concreto	NBR 7680
Determinação da resistência à tração em corpos de prova prismáticos	NBR 12142
Agregados para concreto – Especificação	NBR 7211
Cimento Portland – Requisitos	NBR 16697

Para obras de pavimento flexível são necessários cuidados e controle na execução da estrutura, especialmente no que se refere à umidade e à compactação das camadas granulares e à compactação, à usinagem e a aplicação das camadas asfálticas. As propostas devem atender às especificações de serviço do DER-PR e na falta de regulamentação do órgão, recomenda-se as especificações do DNIT, ou como forme de consultas as especificações de serviços do DER/SP. O quadro a seguir ilustra as especificações de materiais a serem adotadas:

Quadro 44: Especificações dos materiais a serem adotados para Pavimento Flexível

ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇO	
DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO
Regularização de subleito	DER-ES-PA-01-23
Macadame seco	DER-ES-PA-03-23
Brita graduada	DER-ES-PA-05-23
Pinturas asfálticas	DER-ES-PA-17-23
Concreto asfáltico usinado a quente com asfalto polímero	DER-ES-PA-15-23
Demolição de Pavimentos	DER-ES-PA-27-23
Reparo Superficial	DER-ES-PA-12-23
Reparo Profundo	DER-ES-PA-13-23

4.5.11. Controle Deflectométrico

Deverão ser verificadas as deflexões recuperáveis com a utilização de equipamento adequado no topo de cada camada para auxiliar na liberação do serviço.

Apresenta-se a seguir os valores máximos admissíveis no topo de cada camada, utilizando equipamento tipo Viga Benkelman. Para utilização de outro equipamento deve ser verificada a correlação entre as medidas com a Viga Benkelman.

Quadro 45: Controle deflectométrico para Pavimento Flexível na execução das camadas

CAMADA	ESPESSURA (m)	DEFLEXÃO ADMISSÍVEL (0,01 mm)
Subleito	-	68,6
Macadame Seco (MS)	0,20	64,1
Brita Graduada Simples (BGS)	0,20	49,3
Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) Polímero – Faixa C	0,06	43,5
Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) Polímero – Faixa C	0,05	36,3

Obs.: Utilizado dados de Módulo de Resiliência e Coeficiente de Poisson adotados no dimensionamento.

Quadro 46: Controle deflectométrico para Pavimento Rígido na execução das camadas

CAMADA	ESPESSURA (m)	DEFLEXÃO ADMISSÍVEL (0,01 mm)
Subleito	-	137,0
Concreto Compactado com Rolo (CCR)	0,10	79,9

Obs.: No cálculo da deflexão admissível do CCR foi utilizado Módulo de Resiliência igual a 70.000 kgf/cm² e Coeficiente de Poisson igual a 0,20 e Subleito com Módulo de Resiliência de 500 kgf/cm² e Coeficiente de Poisson igual a 0,45. Demais, foram utilizados valores na mencionados no Projeto.

4.5.12. Anexo I



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA
RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



ELASTIC SYSTEM - CAD

ELASTIC POISSONS

LAYER MODULUS RATIO THICKNESS

1	35000.	.300	10.000 IN
2	3000.	.350	15.000 IN
3	2000.	.350	15.000 IN
4	1000.	.450	SEMI-INFINITE

TWO LOAD(S), EACH LOAD AS FOLLOWS

TOTAL LOAD..... 2050.00 LBS

LOAD STRESS.... 5.60 PSI

LOAD RADIUS.... 10.79 IN

LOCATED AT

LOAD X Y

1	.000	.000
2	32.400	.000

RESULTS REQUESTED FOR SYSTEM LOCATION(S)

DEPTH(S)

Z= .00 9.99 40.01

X-Y POINT(S)

X	Y
16.20	.00
18.23	.00
20.25	.00
23.29	.00
26.33	.00
29.36	.00
32.40	.00



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA
RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



Z= .00 LAYER NO, 1

X Y

16.20 .00

18.23 .00

20.25 .00

23.29 .00

26.33 .00

29.36 .00

32.40 .00

NORMAL STRESSES

SXX -.3073E+01 -.3052E+01 -.3317E+01 -.9661E+01 -.1055E+02 -.1132E+02 -
.1151E+02

SYX -.9133E+01 -.9170E+01 -.9508E+01 -.1337E+02 -.1358E+02 -.1375E+02 -
.1360E+02

SZZ -.3518E-01 .7104E-01 .1763E-01 -.5624E+01 -.5536E+01 -.5599E+01 -
.5572E+01

SHEAR STRESSES

SXY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

SXZ .0000E+00 .8315E-06 -.8862E-06 .2962E-06 .8147E-06 .1064E-05
.2166E-06

SYZ .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

PRINCIPAL STRESSES

PS 1 -.3518E-01 .7104E-01 .1763E-01 -.5624E+01 -.5536E+01 -.5599E+01 -
.5572E+01

PS 2 -.3073E+01 -.3052E+01 -.3317E+01 -.9661E+01 -.1055E+02 -.1132E+02 -
.1151E+02



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA
RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



PS 3 -.9133E+01 -.9170E+01 -.9508E+01 -.1337E+02 -.1358E+02 -.1375E+02 -
.1360E+02

PRINCIPAL SHEAR STRESSES

PSS 1 .4549E+01 .4620E+01 .4763E+01 .3874E+01 .4024E+01 .4074E+01
.4015E+01

PSS 2 .1519E+01 .1562E+01 .1667E+01 .2018E+01 .2508E+01 .2860E+01
.2968E+01

PSS 3 .3030E+01 .3059E+01 .3096E+01 .1856E+01 .1516E+01 .1214E+01
.1047E+01

DISPLACEMENTS

UX .0000E+00 -.1823E-04 -.4167E-04 -.2404E-03 -.6227E-03 -.1074E-02 -
.1567E-02

UY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

UZ .4052E-01 .4056E-01 .4072E-01 .4138E-01 .4149E-01 .4122E-01 .4058E-
01

NORMAL STRAINS

EXX -.9231E-05 -.9218E-05 -.1341E-04 -.1132E-03 -.1376E-03 -.1576E-03 -
.1645E-03

EYY -.2343E-03 -.2364E-03 -.2434E-03 -.2510E-03 -.2502E-03 -.2477E-03 -
.2422E-03

EZZ .1036E-03 .1068E-03 .1104E-03 .3674E-04 .4871E-04 .5487E-04
.5603E-04

SHEAR STRAINS

EXY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

EXZ .0000E+00 .6177E-10 -.6583E-10 .2200E-10 .6052E-10 .7903E-10
.1609E-10

EYZ .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA
RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



PRINCIPAL STRAINS

PE 1 .1036E-03 .1068E-03 .1104E-03 .3674E-04 .4871E-04 .5487E-04
.5603E-04

PE 2 -.9231E-05 -.9218E-05 -.1341E-04 -.1132E-03 -.1376E-03 -.1576E-03 -
.1645E-03

PE 3 -.2343E-03 -.2364E-03 -.2434E-03 -.2510E-03 -.2502E-03 -.2477E-03 -
.2422E-03

PRINCIPAL SHEAR STRAINS

PSE 1 .3379E-03 .3432E-03 .3538E-03 .2878E-03 .2989E-03 .3026E-03
.2982E-03

PSE 2 .1129E-03 .1160E-03 .1238E-03 .1499E-03 .1863E-03 .2124E-03
.2205E-03

PSE 3 .2251E-03 .2272E-03 .2300E-03 .1378E-03 .1126E-03 .9017E-04
.7774E-04

Z= 9.99 LAYER NO, 1

X Y

16.20 .00

18.23 .00

20.25 .00

23.29 .00

26.33 .00

29.36 .00

32.40 .00

NORMAL STRESSES

SXX .7001E+00 .1005E+01 .1864E+01 .3798E+01 .5673E+01 .6871E+01
.7295E+01

SYX .6754E+01 .6889E+01 .7260E+01 .8055E+01 .8765E+01 .9137E+01
.9127E+01



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA
RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



SZZ -.1270E+01 -.1298E+01 -.1376E+01 -.1550E+01 -.1714E+01 -.1808E+01 -
.1815E+01

SHEAR STRESSES

SXY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

SXZ .0000E+00 .7403E-01 .1295E+00 .1456E+00 .7126E-01 -.6107E-01 -
.2187E+00

SYZ .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

PRINCIPAL STRESSES

PS 1 .6754E+01 .6889E+01 .7260E+01 .8055E+01 .8765E+01 .9137E+01
.9127E+01

PS 2 .7001E+00 .1007E+01 .1869E+01 .3801E+01 .5673E+01 .6872E+01
.7300E+01

PS 3 -.1270E+01 -.1300E+01 -.1381E+01 -.1554E+01 -.1715E+01 -.1809E+01 -
.1820E+01

PRINCIPAL SHEAR STRESSES

PSS 1 .4012E+01 .4095E+01 .4321E+01 .4804E+01 .5240E+01 .5473E+01
.5474E+01

PSS 2 .3027E+01 .2941E+01 .2695E+01 .2127E+01 .1546E+01 .1133E+01
.9138E+00

PSS 3 .9851E+00 .1154E+01 .1625E+01 .2678E+01 .3694E+01 .4340E+01
.4560E+01

DISPLACEMENTS

UX .0000E+00 -.4993E-04 -.6914E-04 .1211E-04 .2498E-03 .6111E-03
.1041E-02

UY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

UZ .4058E-01 .4060E-01 .4066E-01 .4077E-01 .4075E-01 .4046E-01 .3981E-
01



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA
RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



NORMAL STRAINS

EXX -.2701E-04 -.1922E-04 .2818E-05 .5274E-04 .1016E-03 .1335E-03
.1457E-03

EYY .1979E-03 .1993E-03 .2032E-03 .2109E-03 .2165E-03 .2177E-03
.2138E-03

EZZ -.1002E-03 -.1047E-03 -.1175E-03 -.1459E-03 -.1727E-03 -.1889E-03 -
.1926E-03

SHEAR STRAINS

EXY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

EXZ .0000E+00 .5500E-05 .9622E-05 .1082E-04 .5294E-05 -.4537E-05 -
.1625E-04

EYZ .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

PRINCIPAL STRAINS

PE 1 .1979E-03 .1993E-03 .2032E-03 .2109E-03 .2165E-03 .2177E-03
.2138E-03

PE 2 -.2701E-04 -.1913E-04 .3010E-05 .5289E-04 .1017E-03 .1335E-03
.1459E-03

PE 3 -.1002E-03 -.1048E-03 -.1177E-03 -.1460E-03 -.1727E-03 -.1889E-03 -
.1928E-03

PRINCIPAL SHEAR STRAINS

PSE 1 .2981E-03 .3042E-03 .3210E-03 .3569E-03 .3892E-03 .4065E-03
.4066E-03

PSE 2 .2249E-03 .2185E-03 .2002E-03 .1580E-03 .1148E-03 .8414E-04
.6788E-04

PSE 3 .7318E-04 .8570E-04 .1207E-03 .1989E-03 .2744E-03 .3224E-03
.3388E-03

Z= 40.01 LAYER NO, 4



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA
RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



X	Y
16.20	.00
18.23	.00
20.25	.00
23.29	.00
26.33	.00
29.36	.00
32.40	.00

NORMAL STRESSES

SXX -.4501E-01 -.4498E-01 -.4499E-01 -.4552E-01 -.4638E-01 -.4779E-01 -
.4988E-01

SYX -.1266E-01 -.1258E-01 -.1244E-01 -.1250E-01 -.1248E-01 -.1245E-01 -
.1240E-01

SZZ -.4305E+00 -.4298E+00 -.4277E+00 -.4225E+00 -.4155E+00 -.4058E+00 -
.3933E+00

SHEAR STRESSES

SXY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 -
.0000E+00

SXZ .0000E+00 -.8674E-02 -.1731E-01 -.3040E-01 -.4347E-01 -.5625E-01 -
.6855E-01

SYZ .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 -
.0000E+00

PRINCIPAL STRESSES

PS 1 -.1266E-01 -.1258E-01 -.1244E-01 -.1250E-01 -.1248E-01 -.1245E-01 -
.1240E-01

PS 2 -.4501E-01 -.4478E-01 -.4421E-01 -.4308E-01 -.4133E-01 -.3916E-01 -
.3670E-01

PS 3 -.4305E+00 -.4300E+00 -.4285E+00 -.4250E+00 -.4205E+00 -.4144E+00 -
.4064E+00



PRINCIPAL SHEAR STRESSES

PSS 1 .2089E+00 .2087E+00 .2080E+00 .2062E+00 .2040E+00 .2010E+00
.1970E+00

PSS 2 .1618E-01 .1610E-01 .1588E-01 .1529E-01 .1443E-01 .1336E-01
.1215E-01

PSS 3 .1927E+00 .1926E+00 .1921E+00 .1909E+00 .1896E+00 .1876E+00
.1849E+00

DISPLACEMENTS

UX .0000E+00 .3116E-03 .6226E-03 .1087E-02 .1537E-02 .1972E-02
.2387E-02

UY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

UZ .3004E-01 .3002E-01 .2995E-01 .2978E-01 .2953E-01 .2919E-01 .2877E-
01

NORMAL STRAINS

EXX .1544E-03 .1541E-03 .1531E-03 .1502E-03 .1462E-03 .1404E-03
.1327E-03

EYY .2013E-03 .2011E-03 .2003E-03 .1981E-03 .1954E-03 .1917E-03
.1870E-03

EZZ -.4045E-03 -.4039E-03 -.4018E-03 -.3964E-03 -.3890E-03 -.3787E-03 -
.3652E-03

SHEAR STRAINS

EXY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

EXZ .0000E+00 -.2516E-04 -.5020E-04 -.8815E-04 -.1261E-03 -.1631E-03 -
.1988E-03

EYZ .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

PRINCIPAL STRAINS



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA
RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



PE 1 .2013E-03 .2011E-03 .2003E-03 .1981E-03 .1954E-03 .1917E-03
.1870E-03

PE 2 .1544E-03 .1544E-03 .1542E-03 .1538E-03 .1535E-03 .1529E-03
.1518E-03

PE 3 -.4045E-03 -.4042E-03 -.4030E-03 -.4000E-03 -.3963E-03 -.3912E-03 -
.3844E-03

PRINCIPAL SHEAR STRAINS

PSE 1 .6059E-03 .6053E-03 .6032E-03 .5981E-03 .5917E-03 .5829E-03
.5714E-03

PSE 2 .4691E-04 .4669E-04 .4607E-04 .4435E-04 .4184E-04 .3873E-04
.3524E-04

PSE 3 .5590E-03 .5586E-03 .5572E-03 .5537E-03 .5499E-03 .5441E-03
.5361E-03

ELASTIC SYSTEM - CAD

ELASTIC POISSONS

LAYER MODULUS RATIO THICKNESS

1	35000.	.300	11.000 IN
2	3000.	.350	19.000 IN
3	2000.	.350	20.000 IN
4	1000.	.450	SEMI-INFINITE

TWO LOAD(S), EACH LOAD AS FOLLOWS

TOTAL LOAD..... 2050.00 LBS

LOAD STRESS.... 5.60 PSI

LOAD RADIUS.... 10.79 IN

LOCATED AT

LOAD X Y

1	.000	.000
2	32.400	.000



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA
RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



RESULTS REQUESTED FOR SYSTEM LOCATION(S)

DEPTH(S)

Z= .00 10.99 50.01

X-Y POINT(S)

X	Y
16.20	.00
18.23	.00
20.25	.00
23.29	.00
26.33	.00
29.36	.00
32.40	.00

Z= .00 LAYER NO, 1

X	Y
16.20	.00
18.23	.00
20.25	.00
23.29	.00
26.33	.00
29.36	.00
32.40	.00

NORMAL STRESSES

SXX -.2945E+01 -.2886E+01 -.3045E+01 -.9152E+01 -.9794E+01 -.1038E+02 -
.1050E+02

SYX -.8261E+01 -.8281E+01 -.8571E+01 -.1233E+02 -.1244E+02 -.1253E+02 -
.1238E+02



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA
RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



SZZ -.3518E-01 .7104E-01 .1763E-01 -.5624E+01 -.5536E+01 -.5599E+01 -
.5572E+01

SHEAR STRESSES

SXY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

SXZ .0000E+00 -.1053E-05 -.7594E-06 -.1712E-06 .2568E-06 .4918E-06 -
.1677E-06

SYZ .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

PRINCIPAL STRESSES

PS 1 -.3518E-01 .7104E-01 .1763E-01 -.5624E+01 -.5536E+01 -.5599E+01 -
.5572E+01

PS 2 -.2945E+01 -.2886E+01 -.3045E+01 -.9152E+01 -.9794E+01 -.1038E+02 -
.1050E+02

PS 3 -.8261E+01 -.8281E+01 -.8571E+01 -.1233E+02 -.1244E+02 -.1253E+02 -
.1238E+02

PRINCIPAL SHEAR STRESSES

PSS 1 .4113E+01 .4176E+01 .4294E+01 .3353E+01 .3451E+01 .3467E+01
.3403E+01

PSS 2 .1455E+01 .1479E+01 .1531E+01 .1764E+01 .2129E+01 .2390E+01
.2462E+01

PSS 3 .2658E+01 .2697E+01 .2763E+01 .1589E+01 .1322E+01 .1077E+01
.9407E+00

DISPLACEMENTS

UX .0000E+00 -.2622E-04 -.5411E-04 -.2457E-03 -.6012E-03 -.1009E-02 -
.1449E-02

UY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

UZ .3664E-01 .3669E-01 .3687E-01 .3754E-01 .3766E-01 .3743E-01 .3688E-
01



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA
RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



NORMAL STRAINS

EXX -.1303E-04 -.1209E-04 -.1368E-04 -.1076E-03 -.1258E-03 -.1411E-03 -
.1460E-03

EYY -.2105E-03 -.2125E-03 -.2189E-03 -.2256E-03 -.2240E-03 -.2211E-03 -
.2159E-03

EZZ .9505E-04 .9775E-04 .1001E-03 .2344E-04 .3239E-04 .3640E-04
.3687E-04

SHEAR STRAINS

EXY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

EXZ .0000E+00 -.7822E-10 -.5641E-10 -.1272E-10 .1908E-10 .3653E-10 -
.1246E-10

EYZ .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

PRINCIPAL STRAINS

PE 1 .9505E-04 .9775E-04 .1001E-03 .2344E-04 .3239E-04 .3640E-04
.3687E-04

PE 2 -.1303E-04 -.1209E-04 -.1368E-04 -.1076E-03 -.1258E-03 -.1411E-03 -
.1460E-03

PE 3 -.2105E-03 -.2125E-03 -.2189E-03 -.2256E-03 -.2240E-03 -.2211E-03 -
.2159E-03

PRINCIPAL SHEAR STRAINS

PSE 1 .3055E-03 .3102E-03 .3190E-03 .2491E-03 .2564E-03 .2575E-03
.2528E-03

PSE 2 .1081E-03 .1098E-03 .1137E-03 .1310E-03 .1582E-03 .1775E-03
.1829E-03

PSE 3 .1975E-03 .2004E-03 .2053E-03 .1180E-03 .9822E-04 .8001E-04
.6988E-04

Z= 10.99 LAYER NO, 1



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA
RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



X Y

16.20 .00

18.23 .00

20.25 .00

23.29 .00

26.33 .00

29.36 .00

32.40 .00

NORMAL STRESSES

SXX .1016E+01 .1268E+01 .1974E+01 .3561E+01 .5137E+01 .6178E+01
.6541E+01

SYX .6296E+01 .6405E+01 .6705E+01 .7351E+01 .7945E+01 .8266E+01
.8248E+01

SZZ -.1231E+01 -.1253E+01 -.1315E+01 -.1451E+01 -.1582E+01 -.1656E+01 -
.1657E+01

SHEAR STRESSES

SXY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

SXZ .0000E+00 .5797E-01 .1008E+00 .1113E+00 .4888E-01 -.6391E-01 -
.2003E+00

SYZ .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

PRINCIPAL STRESSES

PS 1 .6296E+01 .6405E+01 .6705E+01 .7351E+01 .7945E+01 .8266E+01
.8248E+01

PS 2 .1016E+01 .1269E+01 .1977E+01 .3563E+01 .5137E+01 .6178E+01
.6546E+01

PS 3 -.1231E+01 -.1255E+01 -.1318E+01 -.1454E+01 -.1582E+01 -.1657E+01 -
.1662E+01



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA
RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



PRINCIPAL SHEAR STRESSES

PSS 1 .3764E+01 .3830E+01 .4011E+01 .4402E+01 .4764E+01 .4961E+01
.4955E+01

PSS 2 .2640E+01 .2568E+01 .2364E+01 .1894E+01 .1404E+01 .1044E+01
.8512E+00

PSS 3 .1124E+01 .1262E+01 .1647E+01 .2508E+01 .3360E+01 .3918E+01
.4104E+01

DISPLACEMENTS

UX .0000E+00 -.2539E-04 -.2536E-04 .6526E-04 .2854E-03 .6109E-03
.9957E-03

UY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

UZ .3668E-01 .3670E-01 .3676E-01 .3687E-01 .3683E-01 .3657E-01 .3601E-
01

NORMAL STRAINS

EXX -.1438E-04 -.7931E-05 .1019E-04 .5116E-04 .9222E-04 .1199E-03
.1304E-03

EYY .1817E-03 .1829E-03 .1859E-03 .1920E-03 .1965E-03 .1974E-03
.1938E-03

EZZ -.9786E-04 -.1016E-03 -.1120E-03 -.1350E-03 -.1573E-03 -.1711E-03 -
.1741E-03

SHEAR STRAINS

EXY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

EXZ .0000E+00 .4307E-05 .7486E-05 .8271E-05 .3631E-05 -.4748E-05 -
.1488E-04

EYZ .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

PRINCIPAL STRAINS



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA
RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



PE 1 .1817E-03 .1829E-03 .1859E-03 .1920E-03 .1965E-03 .1974E-03
.1938E-03

PE 2 -.1438E-04 -.7881E-05 .1030E-04 .5125E-04 .9223E-04 .1199E-03
.1306E-03

PE 3 -.9786E-04 -.1016E-03 -.1121E-03 -.1351E-03 -.1573E-03 -.1711E-03 -
.1743E-03

PRINCIPAL SHEAR STRAINS

PSE 1 .2796E-03 .2845E-03 .2980E-03 .3270E-03 .3539E-03 .3686E-03
.3681E-03

PSE 2 .1961E-03 .1908E-03 .1756E-03 .1407E-03 .1043E-03 .7754E-04
.6323E-04

PSE 3 .8348E-04 .9374E-04 .1224E-03 .1863E-03 .2496E-03 .2910E-03
.3048E-03

Z= 50.01 LAYER NO, 4

X	Y
16.20	.00
18.23	.00
20.25	.00
23.29	.00
26.33	.00
29.36	.00
32.40	.00

NORMAL STRESSES

SXX -.2232E-01 -.2248E-01 -.2309E-01 -.2444E-01 -.2560E-01 -.2714E-01 -
.2909E-01

SYX -.5623E-02 -.5694E-02 -.6044E-02 -.6696E-02 -.6751E-02 -.6783E-02 -
.6806E-02

SZZ -.3122E+00 -.3116E+00 -.3099E+00 -.3063E+00 -.3015E+00 -.2950E+00 -
.2869E+00



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA
RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



SHEAR STRESSES

SXY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

SXZ .0000E+00 -.6307E-02 -.1258E-01 -.2196E-01 -.3111E-01 -.3987E-01 -
.4817E-01

SYZ .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

PRINCIPAL STRESSES

PS 1 -.5623E-02 -.5694E-02 -.6044E-02 -.6696E-02 -.6751E-02 -.6783E-02 -
.6806E-02

PS 2 -.2232E-01 -.2234E-01 -.2254E-01 -.2274E-01 -.2214E-01 -.2134E-01 -
.2039E-01

PS 3 -.3122E+00 -.3117E+00 -.3104E+00 -.3080E+00 -.3049E+00 -.3008E+00 -
.2956E+00

PRINCIPAL SHEAR STRESSES

PSS 1 .1533E+00 .1530E+00 .1522E+00 .1506E+00 .1491E+00 .1470E+00
.1444E+00

PSS 2 .8350E-02 .8324E-02 .8246E-02 .8024E-02 .7694E-02 .7277E-02
.6790E-02

PSS 3 .1449E+00 .1447E+00 .1440E+00 .1426E+00 .1414E+00 .1397E+00
.1376E+00

DISPLACEMENTS

UX .0000E+00 .2475E-03 .4946E-03 .8577E-03 .1206E-02 .1542E-02
.1864E-02

UY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

UZ .2521E-01 .2521E-01 .2519E-01 .2512E-01 .2495E-01 .2472E-01 .2443E-
01

NORMAL STRAINS



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA
RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



EXX .1207E-03 .1203E-03 .1191E-03 .1164E-03 .1131E-03 .1087E-03
.1031E-03

EYY .1449E-03 .1446E-03 .1438E-03 .1421E-03 .1404E-03 .1382E-03
.1354E-03

EZZ -.2996E-03 -.2989E-03 -.2968E-03 -.2923E-03 -.2869E-03 -.2797E-03 -
.2708E-03

SHEAR STRAINS

EXY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

EXZ .0000E+00 -.1829E-04 -.3648E-04 -.6369E-04 -.9021E-04 -.1156E-03 -
.1397E-03

EYZ .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

PRINCIPAL STRAINS

PE 1 .1449E-03 .1446E-03 .1438E-03 .1421E-03 .1404E-03 .1382E-03
.1354E-03

PE 2 .1207E-03 .1205E-03 .1199E-03 .1189E-03 .1181E-03 .1171E-03
.1157E-03

PE 3 -.2996E-03 -.2991E-03 -.2976E-03 -.2947E-03 -.2919E-03 -.2881E-03 -
.2834E-03

PRINCIPAL SHEAR STRAINS

PSE 1 .4445E-03 .4438E-03 .4414E-03 .4369E-03 .4323E-03 .4263E-03
.4188E-03

PSE 2 .2421E-04 .2414E-04 .2391E-04 .2327E-04 .2231E-04 .2110E-04
.1969E-04

PSE 3 .4203E-03 .4196E-03 .4175E-03 .4136E-03 .4100E-03 .4052E-03
.3991E-03

ELASTIC SYSTEM - CAD

ELASTIC POISSONS



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA
RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



LAYER	MODULUS	RATIO	THICKNESS
-------	---------	-------	-----------

1	35000.	.300	11.000 IN
---	--------	------	-----------

2	3000.	.350	20.000 IN
---	-------	------	-----------

3	2000.	.350	20.000 IN
---	-------	------	-----------

4	1000.	.450	SEMI-INFINITE
---	-------	------	---------------

TWO LOAD(S), EACH LOAD AS FOLLOWS

TOTAL LOAD..... 2050.00 LBS

LOAD STRESS.... 5.60 PSI

LOAD RADIUS.... 10.79 IN

LOCATED AT

LOAD	X	Y
------	---	---

1	.000	.000
---	------	------

2	32.400	.000
---	--------	------

RESULTS REQUESTED FOR SYSTEM LOCATION(S)

DEPTH(S)

Z= .00 10.99 51.01

X-Y POINT(S)

X	Y
---	---

16.20	.00
-------	-----

18.23	.00
-------	-----

20.25	.00
-------	-----

23.29	.00
-------	-----

26.33	.00
-------	-----

29.36	.00
-------	-----

32.40	.00
-------	-----

Z= .00 LAYER NO, 1

X	Y
---	---



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA
RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



16.20 .00

18.23 .00

20.25 .00

23.29 .00

26.33 .00

29.36 .00

32.40 .00

NORMAL STRESSES

SXX $-.2898E+01$ $-.2839E+01$ $-.2998E+01$ $-.9106E+01$ $-.9749E+01$ $-.1034E+02$ -
.1046E+02

SYX $-.8206E+01$ $-.8226E+01$ $-.8516E+01$ $-.1227E+02$ $-.1238E+02$ $-.1248E+02$ -
.1233E+02

SZZ $-.3518E-01$ $.7104E-01$ $.1763E-01$ $-.5624E+01$ $-.5536E+01$ $-.5599E+01$ -
.5572E+01

SHEAR STRESSES

SXY $.0000E+00$ $.0000E+00$ $.0000E+00$ $.0000E+00$ $.0000E+00$ $.0000E+00$ -
.0000E+00

SXZ $.0000E+00$ $.2066E-06$ $-.2430E-06$ $-.9483E-06$ $-.6338E-06$ $.6831E-06$ -
.8213E-07

SYZ $.0000E+00$ $.0000E+00$ $.0000E+00$ $.0000E+00$ $.0000E+00$ $.0000E+00$ -
.0000E+00

PRINCIPAL STRESSES

PS 1 $-.3518E-01$ $.7104E-01$ $.1763E-01$ $-.5624E+01$ $-.5536E+01$ $-.5599E+01$ -
.5572E+01

PS 2 $-.2898E+01$ $-.2839E+01$ $-.2998E+01$ $-.9106E+01$ $-.9749E+01$ $-.1034E+02$ -
.1046E+02

PS 3 $-.8206E+01$ $-.8226E+01$ $-.8516E+01$ $-.1227E+02$ $-.1238E+02$ $-.1248E+02$ -
.1233E+02

PRINCIPAL SHEAR STRESSES



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA
RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



PSS 1 .4085E+01 .4148E+01 .4267E+01 .3325E+01 .3424E+01 .3441E+01
.3378E+01

PSS 2 .1431E+01 .1455E+01 .1508E+01 .1741E+01 .2107E+01 .2368E+01
.2442E+01

PSS 3 .2654E+01 .2693E+01 .2759E+01 .1585E+01 .1318E+01 .1072E+01
.9356E+00

DISPLACEMENTS

UX .0000E+00 -.2458E-04 -.5083E-04 -.2399E-03 -.5928E-03 -.9980E-03 -
.1436E-02

UY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

UZ .3635E-01 .3639E-01 .3658E-01 .3726E-01 .3738E-01 .3716E-01 .3661E-
01

NORMAL STRAINS

EXX -.1216E-04 -.1122E-04 -.1281E-04 -.1067E-03 -.1249E-03 -.1403E-03 -
.1453E-03

EYY -.2093E-03 -.2113E-03 -.2178E-03 -.2245E-03 -.2228E-03 -.2200E-03 -
.2148E-03

EZZ .9417E-04 .9687E-04 .9919E-04 .2258E-04 .3155E-04 .3560E-04
.3610E-04

SHEAR STRAINS

EXY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

EXZ .0000E+00 .1535E-10 -.1805E-10 -.7045E-10 -.4708E-10 .5074E-10 -
.6101E-11

EYZ .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

PRINCIPAL STRAINS

PE 1 .9417E-04 .9687E-04 .9919E-04 .2258E-04 .3155E-04 .3560E-04
.3610E-04



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA
RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



PE 2 -.1216E-04 -.1122E-04 -.1281E-04 -.1067E-03 -.1249E-03 -.1403E-03 -
.1453E-03

PE 3 -.2093E-03 -.2113E-03 -.2178E-03 -.2245E-03 -.2228E-03 -.2200E-03 -
.2148E-03

PRINCIPAL SHEAR STRAINS

PSE 1 .3035E-03 .3082E-03 .3169E-03 .2470E-03 .2544E-03 .2556E-03
.2509E-03

PSE 2 .1063E-03 .1081E-03 .1120E-03 .1293E-03 .1565E-03 .1759E-03
.1814E-03

PSE 3 .1972E-03 .2001E-03 .2049E-03 .1177E-03 .9789E-04 .7965E-04
.6950E-04

Z= 10.99 LAYER NO, 1

X Y

16.20 .00

18.23 .00

20.25 .00

23.29 .00

26.33 .00

29.36 .00

32.40 .00

NORMAL STRESSES

SXX .9730E+00 .1225E+01 .1931E+01 .3518E+01 .5096E+01 .6138E+01
.6504E+01

SYX .6248E+01 .6357E+01 .6657E+01 .7304E+01 .7899E+01 .8220E+01
.8204E+01

SZZ -.1237E+01 -.1259E+01 -.1321E+01 -.1457E+01 -.1588E+01 -.1662E+01 -
.1662E+01

SHEAR STRESSES



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA
RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



SXY	.0000E+00	.0000E+00	.0000E+00	.0000E+00	.0000E+00	.0000E+00	.0000E+00
	.0000E+00						
SXZ	.0000E+00	.5815E-01	.1011E+00	.1120E+00	.4981E-01	-.6266E-01	-.1987E+00
SYZ	.0000E+00	.0000E+00	.0000E+00	.0000E+00	.0000E+00	.0000E+00	.0000E+00
	.0000E+00						
PRINCIPAL STRESSES							
PS 1	.6248E+01	.6357E+01	.6657E+01	.7304E+01	.7899E+01	.8220E+01	.8204E+01
PS 2	.9730E+00	.1226E+01	.1934E+01	.3521E+01	.5096E+01	.6139E+01	.6509E+01
PS 3	-.1237E+01	-.1261E+01	-.1324E+01	-.1460E+01	-.1588E+01	-.1663E+01	-.1667E+01
PRINCIPAL SHEAR STRESSES							
PSS 1	.3743E+01	.3809E+01	.3990E+01	.4382E+01	.4743E+01	.4941E+01	.4936E+01
PSS 2	.2637E+01	.2565E+01	.2361E+01	.1891E+01	.1401E+01	.1041E+01	.8478E+00
PSS 3	.1105E+01	.1243E+01	.1629E+01	.2490E+01	.3342E+01	.3901E+01	.4088E+01
DISPLACEMENTS							
UX	.0000E+00	-.2697E-04	-.2849E-04	.5983E-04	.2777E-03	.6011E-03	.9839E-03
UY	.0000E+00	.0000E+00	.0000E+00	.0000E+00	.0000E+00	.0000E+00	.0000E+00
	.0000E+00						
UZ	.3639E-01	.3641E-01	.3647E-01	.3658E-01	.3655E-01	.3630E-01	.3574E-01
NORMAL STRAINS							
EXX	-.1515E-04	-.8701E-05	.9424E-05	.5041E-04	.9150E-04	.1192E-03	.1297E-03



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA
RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



EYY .1808E-03 .1819E-03 .1850E-03 .1910E-03 .1956E-03 .1965E-03
.1929E-03

EZZ -.9724E-04 -.1010E-03 -.1113E-03 -.1344E-03 -.1567E-03 -.1706E-03 -
.1736E-03

SHEAR STRAINS

EXY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

EXZ .0000E+00 .4320E-05 .7512E-05 .8318E-05 .3700E-05 -.4655E-05 -
.1476E-04

EYZ .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

PRINCIPAL STRAINS

PE 1 .1808E-03 .1819E-03 .1850E-03 .1910E-03 .1956E-03 .1965E-03
.1929E-03

PE 2 -.1515E-04 -.8650E-05 .9540E-05 .5051E-04 .9151E-04 .1192E-03
.1299E-03

PE 3 -.9724E-04 -.1010E-03 -.1115E-03 -.1345E-03 -.1568E-03 -.1706E-03 -
.1737E-03

PRINCIPAL SHEAR STRAINS

PSE 1 .2780E-03 .2829E-03 .2964E-03 .3255E-03 .3524E-03 .3671E-03
.3666E-03

PSE 2 .1959E-03 .1906E-03 .1754E-03 .1405E-03 .1041E-03 .7730E-04
.6298E-04

PSE 3 .8209E-04 .9236E-04 .1210E-03 .1850E-03 .2483E-03 .2898E-03
.3037E-03

Z= 51.01 LAYER NO, 4

X Y

16.20 .00

18.23 .00



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA
RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



20.25 .00

23.29 .00

26.33 .00

29.36 .00

32.40 .00

NORMAL STRESSES

SXX -.2074E-01 -.2091E-01 -.2157E-01 -.2297E-01 -.2413E-01 -.2565E-01 -
.2757E-01

SYX -.4913E-02 -.5001E-02 -.5400E-02 -.6103E-02 -.6167E-02 -.6209E-02 -
.6243E-02

SZZ -.3034E+00 -.3028E+00 -.3012E+00 -.2977E+00 -.2931E+00 -.2869E+00 -
.2791E+00

SHEAR STRESSES

SXY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

SXZ .0000E+00 -.6125E-02 -.1222E-01 -.2132E-01 -.3018E-01 -.3867E-01 -
.4670E-01

SYZ .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

PRINCIPAL STRESSES

PS 1 -.4913E-02 -.5001E-02 -.5400E-02 -.6103E-02 -.6167E-02 -.6209E-02 -
.6243E-02

PS 2 -.2074E-01 -.2078E-01 -.2103E-01 -.2132E-01 -.2078E-01 -.2005E-01 -
.1918E-01

PS 3 -.3034E+00 -.3030E+00 -.3017E+00 -.2994E+00 -.2964E+00 -.2925E+00 -
.2875E+00

PRINCIPAL SHEAR STRESSES

PSS 1 .1492E+00 .1490E+00 .1482E+00 .1466E+00 .1451E+00 .1431E+00
.1406E+00



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA
RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



PSS 2 .7912E-02 .7889E-02 .7816E-02 .7611E-02 .7307E-02 .6921E-02
.6471E-02

PSS 3 .1413E+00 .1411E+00 .1404E+00 .1390E+00 .1378E+00 .1362E+00
.1342E+00

DISPLACEMENTS

UX .0000E+00 .2426E-03 .4847E-03 .8398E-03 .1180E-02 .1509E-02
.1823E-02

UY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

UZ .2482E-01 .2481E-01 .2480E-01 .2474E-01 .2458E-01 .2435E-01 .2407E-
01

NORMAL STRAINS

EXX .1180E-03 .1176E-03 .1164E-03 .1138E-03 .1105E-03 .1062E-03
.1008E-03

EYY .1409E-03 .1407E-03 .1398E-03 .1382E-03 .1366E-03 .1344E-03
.1318E-03

EZZ -.2919E-03 -.2912E-03 -.2891E-03 -.2847E-03 -.2795E-03 -.2725E-03 -
.2639E-03

SHEAR STRAINS

EXY .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

EXZ .0000E+00 -.1776E-04 -.3543E-04 -.6183E-04 -.8753E-04 -.1121E-03 -
.1354E-03

EYZ .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00

PRINCIPAL STRAINS

PE 1 .1409E-03 .1407E-03 .1398E-03 .1382E-03 .1366E-03 .1344E-03
.1318E-03

PE 2 .1180E-03 .1178E-03 .1172E-03 .1161E-03 .1154E-03 .1144E-03
.1130E-03



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA
RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



PE 3 -.2919E-03 -.2914E-03 -.2898E-03 -.2870E-03 -.2843E-03 -.2807E-03 -
.2761E-03

PRINCIPAL SHEAR STRAINS

PSE 1 .4328E-03 .4321E-03 .4297E-03 .4253E-03 .4209E-03 .4151E-03
.4078E-03

PSE 2 .2295E-04 .2288E-04 .2267E-04 .2207E-04 .2119E-04 .2007E-04
.1876E-04

PSE 3 .4099E-03 .4092E-03 .4070E-03 .4032E-03 .3997E-03 .3950E-03
.3891E-03

4.6. ANTEPROJETO DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTO

O projeto de restauração do pavimento compreende em apresentar os critérios e os resultados dos levantamentos de campo (caracterização superficial, funcional e estrutural dos pavimentos) para o cálculo do reforço estrutural, com o objetivo de reestabelecer a capacidade estrutural do pavimento.

A metodologia é empregada para restauração são baseadas nas instruções de projeto, normas e manuais do DNIT, além de publicações técnicas da ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland, compreendendo:

- Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários (Escopos Básicos / Instruções de Serviço) – Publicação IPR 726/2006 do DNIT, principalmente quanto à Instrução de Serviço IS-225 - Projeto de Pavimentos Rígidos;
- Manual de Estudos de Tráfego do DNIT – Publicação IPR 723/2006;
- Manual de Pavimentos Rígidos do DNIT - Publicação IPR 714/2005;
- Manual de Pavimentação do DNIT – Publicação IPR -719/2006;
- Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos – Publicação IPR-720/2006;
- Estudo Técnico N°97 – Dimensionamento de Pavimentos Rodoviários e Urbanos de Concreto Pelo Método da PCA/1984, da ABCP;
- Estudo Técnico ET-13 - Projeto de Juntas em Pavimentos Rodoviários de Concreto, da ABCP; e
- Estudo Técnico ET-29 - Projeto Sub-bases para Pavimentos de Concreto, da ABCP.

Para o dimensionamento das soluções técnicas de restauração propostas foram considerados os parâmetros e critérios de Materiais disponíveis, Tráfego, já apresentados no Anteprojeto de Pavimentação, e Fundação (Pavimento Existente),

4.6.1. Análise de Ensaios/Levantamento em Campo do Pavimento Existente

Para determinar as premissas e condições do pavimento existente foram coletadas e processadas os seguintes Levantamentos de Campo:

- Inventário do Estado da Superfície dos Pavimentos Existentes;
- Levantamento da Irregularidade Longitudinal dos Pavimentos;

- Levantamento Deflectométrico com FWD e;
- Estrutura do Pavimento Existente.

4.6.1.1. INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Foi realizado o cadastramento dos defeitos dos pavimentos flexíveis, para determinação do Índice de Gravidade Global (IGG), com base no Procedimento DNIT 006/2003-PRO, aplicando a terminologia de defeitos definida na norma rodoviária DNIT 005/2003-TER. Os valores e dados de campo são apresentados no Volume 3A e são sintetizados a seguir.

A tabela a seguir apresenta os resultados do Índice de Gravidade Global dos Pavimentos para o Subtrecho 01, 02 e 03.

Quadro 47: Levantamento do IGG na Faixa 1 por km, Sentido Crescente

FX 1 - SENTIDO CRESCENTE						
Subtrecho	km início	km final	Extensão (km)	Segmento de Avaliação	RESULTADO - IGG	
					IGG	Conceito
01	199,830	200,000	0,170	1	24,93	BOM
01	200,000	201,000	1,000	2	80,23	RUIM
01	201,000	202,000	1,000	3	53,61	REGULAR
01	202,000	203,000	1,000	4	33,72	BOM
01	203,000	204,000	1,000	5	33,55	BOM
01	204,000	205,000	1,000	6	42,90	REGULAR
01	205,000	206,000	1,000	7	47,20	REGULAR
01	206,000	207,000	1,000	8	39,78	BOM
01	207,000	208,000	1,000	9	50,07	REGULAR
01	208,000	209,000	1,000	10	35,64	BOM
01	209,000	210,000	1,000	11	32,11	BOM
01	210,000	211,000	1,000	12	34,23	BOM
01	211,000	212,000	1,000	13	64,80	REGULAR
01	212,000	213,000	1,000	14	66,19	REGULAR
01	213,000	214,000	1,000	15	90,67	RUIM
01	214,000	215,000	1,000	16	82,01	RUIM
01	215,000	216,000	1,000	17	53,49	REGULAR
01	216,000	217,000	1,000	18	18,29	ÓTIMO
01	217,000	218,000	1,000	19	47,50	REGULAR
01	218,000	218,150	0,150	20	101,45	RUIM
02	218,150	219,000	0,850	1	93,52	RUIM
02	219,000	220,000	1,000	2	74,38	REGULAR
02	220,000	221,000	1,000	3	112,31	RUIM

FX 1 - SENTIDO CRESCENTE						
Subtrecho	km início	km final	Extensão (km)	Segmento de Avaliação	RESULTADO - IGG	
					IGG	Conceito
02	221,000	222,000	1,000	4	96,41	RUIM
02	222,000	223,000	1,000	5	53,43	REGULAR
02	223,000	224,000	1,000	6	59,93	REGULAR
02	224,000	225,000	1,000	7	30,56	BOM
02	225,000	226,000	1,000	8	34,76	BOM
02	226,000	227,000	1,000	9	39,64	BOM
02	227,000	228,000	1,000	10	30,24	BOM
02	228,000	229,000	1,000	11	31,83	BOM
02	229,000	230,000	1,000	12	66,37	REGULAR
02	230,000	231,000	1,000	13	46,25	REGULAR
02	231,000	232,000	1,000	14	87,39	RUIM
02	232,000	233,000	1,000	15	18,81	ÓTIMO
02	233,000	234,000	1,000	16	25,34	BOM
02	234,000	235,000	1,000	17	13,44	ÓTIMO
02	235,000	236,000	1,000	18	29,06	BOM
02	236,000	237,000	1,000	19	14,40	ÓTIMO
02	237,000	238,000	1,000	20	7,30	ÓTIMO
02	238,000	239,000	1,000	21	33,30	BOM
02	239,000	239,620	0,620	22	9,23	ÓTIMO
03	239,620	240,000	0,380	1	15,24	ÓTIMO
03	240,000	241,000	1,000	2	37,47	BOM
03	241,000	242,000	1,000	3	26,64	BOM
03	242,000	243,000	1,000	4	17,18	ÓTIMO
03	243,000	244,000	1,000	5	21,67	BOM
03	244,000	245,000	1,000	6	20,32	BOM
03	245,000	246,000	1,000	7	11,85	ÓTIMO
03	246,000	247,000	1,000	8	15,12	ÓTIMO
03	247,000	248,000	1,000	9	24,62	BOM
03	248,000	249,000	1,000	10	38,67	BOM
03	249,000	250,000	1,000	11	21,62	BOM
03	250,000	251,000	1,000	12	30,01	BOM
03	251,000	252,000	1,000	13	17,43	ÓTIMO
03	252,000	253,000	1,000	14	21,62	BOM
03	253,000	254,000	1,000	15	17,08	ÓTIMO
03	254,000	254,630	0,630	16	16,03	ÓTIMO

Quadro 48: Análise estatística de IGG na Faixa 1 por extensão, sentido crescente

FX 1 - SENTIDO CRESCENTE			
Conceito	IGG	Extensão (km)	%
Excelente	0 – 20	11,61	21,2%
Bom	20 – 40	23,17	42,3%
Regular	40 – 80	13,00	23,7%
Ruim	80 – 160	7,00	12,8%
Péssimo	> 160	0,00	0,00%
TOTAL		54,78	100,00%

Observa-se que no sentido crescente do segmento avaliado 0,0% apresentam IGG classificado como “Péssimo” (superior a 160), 12,8% são classificados como “Ruim” (IGG entre 80 e 160), 23,7% têm como classificação o IGG “Regular” (IGG entre 40 e 80), 42,3% apresentam resultados “Bom” (IGG entre 20 e 40) e 21,2% apresentam IGG “Excelente” (IGG inferior a 20).

Quadro 49: Levantamento do IGG na Faixa 1 por km, Sentido Decrescente

FX 1 - SENTIDO DECRESCENTE						
Subtrecho	km início	km final	Extensão (km)	Segmento de Avaliação	RESULTADO - IGG	
					IGG	Conceito
01	218,150	218,000	0,150	1	58,92	REGULAR
01	218,000	217,000	1,000	2	54,33	REGULAR
01	217,000	216,000	1,000	3	22,72	BOM
01	216,000	215,000	1,000	4	50,72	REGULAR
01	215,000	214,000	1,000	5	88,07	RUIM
01	214,000	213,000	1,000	6	79,06	REGULAR
01	213,000	212,000	1,000	7	84,42	RUIM
01	212,000	211,000	1,000	8	77,04	REGULAR
01	211,000	210,000	1,000	9	54,10	REGULAR
01	210,000	209,000	1,000	10	67,37	REGULAR
01	209,000	208,000	1,000	11	60,64	REGULAR
01	208,000	207,000	1,000	12	28,93	BOM
01	207,000	206,000	1,000	13	47,85	REGULAR
01	206,000	205,000	1,000	14	54,59	REGULAR
01	205,000	204,000	1,000	15	48,23	REGULAR
01	204,000	203,000	1,000	16	83,04	RUIM
01	203,000	202,000	1,000	17	70,35	REGULAR
01	202,000	201,000	1,000	18	80,61	RUIM
01	201,000	200,000	1,000	19	80,26	RUIM
01	200,000	199,830	0,170	20	36,11	BOM
02	239,610	239,000	0,610	1	10,57	ÓTIMO
02	239,000	238,000	1,000	2	13,95	ÓTIMO

FX 1 - SENTIDO DECRESCENTE						
Subtrecho	km início	km final	Extensão (km)	Segmento de Avaliação	RESULTADO - IGG	
					IGG	Conceito
02	238,000	237,000	1,000	3	26,05	BOM
02	237,000	236,000	1,000	4	22,89	BOM
02	236,000	235,000	1,000	5	16,49	ÓTIMO
02	235,000	234,000	1,000	6	11,45	ÓTIMO
02	234,000	233,000	1,000	7	14,92	ÓTIMO
02	233,000	232,000	1,000	8	14,26	ÓTIMO
02	232,000	231,000	1,000	9	22,89	BOM
02	231,000	230,000	1,000	10	80,66	RUIM
02	230,000	229,000	1,000	11	63,81	REGULAR
02	229,000	228,000	1,000	12	64,87	REGULAR
02	228,000	227,000	1,000	13	43,79	REGULAR
02	227,000	226,000	1,000	14	48,68	REGULAR
02	226,000	225,000	1,000	15	34,30	BOM
02	225,000	224,000	1,000	16	33,55	BOM
02	224,000	223,000	1,000	17	73,29	REGULAR
02	223,000	222,000	1,000	18	48,96	REGULAR
02	222,000	221,000	1,000	19	34,00	BOM
02	221,000	220,000	1,000	20	46,70	REGULAR
02	220,000	219,000	1,000	21	63,76	REGULAR
02	219,000	218,150	0,850	22	90,51	RUIM
03	254,640	254,000	0,640	1	23,94	BOM
03	254,000	253,000	1,000	2	16,08	ÓTIMO
03	253,000	252,000	1,000	3	41,41	REGULAR
03	252,000	251,000	1,000	4	38,37	BOM
03	251,000	250,000	1,000	5	24,45	BOM
03	250,000	249,000	1,000	6	30,32	BOM
03	249,000	248,000	1,000	7	79,20	REGULAR
03	248,000	247,000	1,000	8	22,05	BOM
03	247,000	246,000	1,000	9	36,74	BOM
03	246,000	245,000	1,000	10	36,06	BOM
03	245,000	244,000	1,000	11	32,52	BOM
03	244,000	243,000	1,000	12	26,94	BOM
03	243,000	242,000	1,000	13	23,87	BOM
03	242,000	241,000	1,000	14	29,39	BOM
03	241,000	240,000	1,000	15	25,27	BOM
03	240,000	239,630	0,370	16	27,14	BOM

Quadro 50: Análise estatística de IGG na Faixa 1 por extensão, sentido decrescente

FX 1 - SENTIDO DECRESCENTE

Conceito	IGG	Extensão (km)	%
Excelente	0 – 20	6,61	12,1%
Bom	20 – 40	20,18	36,8%
Regular	40 – 80	21,15	38,6%
Ruim	80 – 160	6,85	12,5%
Péssimo	> 160	0,00	0,00%
TOTAL		54,79	100,00%

Observa-se que no sentido decrescente do segmento avaliado 0,0% apresentam IGG “Péssimo” (superior a 160), 34,03% são classificados como “Ruim” (IGG entre 80 e 160), 48,11% têm como classificação o IGG “Regular” (IGG entre 40 e 80), 15,52% apresentam resultados “Bom” (IGG entre 20 e 40) e 2,33% apresentam IGG “Excelente” (IGG inferior a 20).

Quadro 51: Levantamento do IGG na Faixa 3 por km, Sentido Decrescente

FX 3 - SENTIDO DECRESCENTE						
Subtrecho	km início	km final	Extensão (km)	Segmento de Avaliação	RESULTADO - IGG	
					IGG	Conceito
03	242,00	241,060	0,940	1	86,1	Ruim

Quadro 52: Análise estatística de IGG na Faixa 3 por extensão, Sentido Decrescente

FX 3 - SENTIDO DECRESCENTE			
Conceito	IGG	Extensão (km)	%
Excelente	0 – 20	0,00	0,00%
Bom	20 – 40	0,00	0,00%
Regular	40 – 80	0,00	0,00%
Ruim	80 – 160	0,94	100,00%
Péssimo	> 160	0,00	0,00%
TOTAL		0,94	100,00%

Observa-se que no sentido crescente faixa adicional do segmento avaliado 100,0% são classificados como “Ruim” (IGG entre 80 e 160).

Quanto a avaliação dos Afundamentos nas Trilhas de Rodas, têm-se:

Quadro 53: Levantamento e Análise de ATR na Faixa 1 por extensão, Sentido Crescente

FX 1 – SENTIDO CRESCENTE		
Conceito	Extensão (km)	%
ATR ≤ 15 mm	54,69	99,8%
ATR > 15 mm	0,12	0,2%
TOTAL	54,81	100,00%

Quanto a avaliação dos Afundamentos nas Trilhas de Rodas observa-se que no segmento crescente Faixa 1, 99,8% da extensão apresenta trilhas de rodas médias (externa/interna) com valores iguais ou inferiores a 15 mm e que 0,2% da extensão apresenta trilhas de rodas com medidas superiores a 15 mm.

Quadro 54: Levantamento e Análise de ATR na Faixa 1 por extensão, Sentido Decrescente

FX 1 – SENTIDO DECRESCENTE		
Conceito	Extensão (km)	%
ATR ≤ 15 mm	54,61	99,6%
ATR > 15 mm	0,20	0,4%
TOTAL	54,81	100,00%

Quanto a avaliação dos Afundamentos nas Trilhas de Rodas observa-se que no segmento decrescente Faixa 1, 99,6% da extensão apresenta trilhas de rodas médias (externa/interna) com valores iguais ou inferiores a 15 mm e que 0,4% da extensão apresenta trilhas de rodas com medidas superiores a 15 mm.

Quadro 55: Levantamento e Análise de ATR na Faixa 3 por extensão, Sentido Decrescente

FX 3 – SENTIDO DECRESCENTE		
Conceito	Extensão (km)	%
ATR ≤ 15 mm	0,96	100,0%
ATR > 15 mm	0,00	0,0%
TOTAL	0,96	100,00%

Observa-se que no segmento decrescente faixa adicional 100,0% da extensão apresenta trilhas de rodas médias (externa/interna) com valores iguais ou inferiores a 15 mm.

4.6.1.2. LEVANTAMENTO DA IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DOS PAVIMENTOS

A irregularidade pode ser definida como os desvios de sua superfície em relação a um plano de referência, que afetam a dinâmica dos veículos, a qualidade do rolamento e as cargas sobre a via.

Os quadros a seguir apresenta os resultados do Índice de Irregularidade Longitudinal dos Pavimentos.

Quadro 56: Levantamento e Análise do IRI na Faixa 1 por extensão, Sentido Crescente

FX 1 – SENTIDO CRESCENTE			
Conceito	IRI (m/km)	Extensão (km)	%
Excelente	1 – 1,9	0,70	1,28%
Bom	1,9 – 2,7	13,01	23,74%
Regular	2,7 – 3,5	25,11	45,81%
Ruim	3,5 – 4,6	14,09	25,71%
Péssimo	> 4,6	1,90	3,47%
TOTAL		54,81	100,00%

Pode-se aferir que no sentido crescente do segmento em projeto 1,28% (0,70 km) da extensão apresenta IRI excelente (1 a 1,9 m/km), 23,74% (13,01 km) da extensão apresenta IRI bom (1,9 a 2,7 m/km), 45,81% (25,11 km) da extensão apresenta IRI regular (2,7 a 3,5 m/km), 25,71% (14,09 km) da extensão apresenta IRI ruim (3,5 a 4,6 m/km) e 3,47% (1,90 km) da extensão apresenta IRI péssimo (IRI superior a 4,6 m/km).

Quadro 57: Levantamento e Análise do IRI na Faixa 1 por extensão, Sentido Decrescente

FX 1 – SENTIDO DECRESCENTE			
Conceito	IRI (m/km)	Extensão (km)	%
Excelente	1 – 1,9	1,00	1,82%
Bom	1,9 – 2,7	10,20	18,61%
Regular	2,7 – 3,5	27,05	49,35%
Ruim	3,5 – 4,6	14,90	27,18%
Péssimo	> 4,6	1,66	3,03%
TOTAL		54,81	100,00%

Pode-se aferir que no sentido decrescente do segmento em projeto 1,82% (1,00 km) da extensão apresenta IRI excelente (1 a 1,9 m/km), 18,61% (10,20 km) da extensão apresenta IRI bom (1,9 a 2,7 m/km), 49,35% (27,05 km) da extensão apresenta IRI regular (2,7 a 3,5 m/km), 27,18% (14,90 km) da extensão apresenta IRI ruim (3,5 a 4,6 m/km) e 3,03% (1,66 km) da extensão apresenta IRI péssimo (IRI superior a 4,6 m/km).

Quadro 58: Levantamento e Análise do IRI na Faixa 3 por extensão, Sentido Decrescente

FX 3 – SENTIDO DECRESCENTE			
Conceito	IRI (m/km)	Extensão (km)	%
Excelente	1 – 1,9	0,00	0,00%
Bom	1,9 – 2,7	0,00	0,00%
Regular	2,7 – 3,5	0,00	0,00%
Ruim	3,5 – 4,6	0,60	60,00%
Péssimo	> 4,6	0,40	40,00%
TOTAL		1,00	100,00%

Pode-se aferir que no sentido decrescente faixa adicional do segmento em projeto 60,00% (0,60 km) da extensão apresenta IRI ruim (3,5 a 4,6 m/km) e 40,0% (0,40 km) da extensão apresenta IRI péssimo (IRI superior a 4,6 m/km).

4.6.1.3. LEVANTAMENTO DEFLECTOMÉTRICO COM FWD

O levantamento foi executado em conformidade com a especificação da DNIT PRO 273/96 – Determinação das deflexões utilizando o defletoímetro de impacto tipo “Falling Weight Deflectometer – FWD e é apresentado no Volume 3A – Estudos Geotécnicos.

A avaliação da resposta estrutural do pavimento está associada ao tipo de estrutura de pavimento existente e ao tráfego previsto para solicitá-la ao longo do horizonte de análise, todavia, conhecendo-se os valores das faixas de tráfego propostos no método de dimensionamento do DNER/DNIT podem ser propostos as seguintes faixas de valores referenciais para a deflexão característica propostos para rodovias sob alto volume de tráfego.

Quadro 59: Classificação das deflexões

Deflexão D ₀ [0,01 mm]	Conceito
0 – 20	Excelente
20 – 40	Bom
40 – 60	Regular
60 – 80	Ruim
> 80	Péssimo

Outro parâmetro que pode ser avaliado a partir dos levantamentos deflectométricos realizados com FWD é o Raio de Curvatura da bacia de deflexão que, de acordo com a norma DNER PRO-11/79, deve ser superior a 100 m nos pavimentos flexíveis.

A seguir, é apresentado o quadro com os resultados do Ensaio de Deflectométricos – FWD no sentido crescente.

Quadro 60: Levantamento e Análise do Raio de Curvatura de Deflexão na Faixa 1 por extensão, Sentido Crescente

FX 1 – SENTIDO CRESCENTE			
Conceito	Leituras (Un.)	Extensão (km)	%
$R_c \leq 100$ m	15	0,60	1,10%
$R_c > 100$ m	1.349	54,21	98,90%
TOTAL	1.364	54,81	100,00%

Observa-se que, após a normalização das cargas, a pista sentido crescente apresenta uma extensão de 0,60 km (1,10%) com raio de curvatura menor ou igual a 100 m e 54,21 km (98,90%) com raio de curvatura superior a 100 m.

Quadro 61: Levantamento e Análise das Deflexão na Faixa 1 por extensão, Sentido Crescente

FX 1 – SENTIDO CRESCENTE				
Conceito	D_0 (0,01 mm)	Leituras (Un.)	Extensão (km)	%
Excelente	0 – 20	278	11,17	20,38%
Bom	20 – 40	744	29,90	54,55%
Regular	40 – 60	296	11,89	21,70%
Ruim	60 – 80	43	1,73	3,15%
Péssimo	> 80	3	0,12	0,22%
TOTAL		1.364	54,81	100,00%

No que tange aos valores de deflexão (D_0) observa-se que no sentido crescente 0,22% (0,12 km) apresenta valores superiores a 80 (0,01 mm); 3,15% (1,73 km) apresenta valores entre 60 a 80 (0,01 mm); 21,70% (11,89 km) apresenta valores entre 40 a 60 (0,01 mm); 54,55% (29,90 km) apresenta valores entre 20 a 40 (0,01 mm) e 20,38% (11,17 km) apresenta valores iguais ou inferiores a 20 (0,01 mm).

Quadro 62: Levantamento e Análise do Raio de Curvatura de Deflexão na Faixa 1 por extensão, Sentido Decrescente

FX 1 – SENTIDO DECRESCENTE			
Conceito	Leituras (Un.)	Extensão (km)	%
$R_c \leq 100$ m	9	0,36	0,66%
$R_c > 100$ m	1.363	54,45	99,34%
TOTAL	1.372	54,81	100,00%

Observa-se que, após a normalização das cargas, a pista sentido decrescente apresenta uma extensão de 0,36 km (0,66%) com raio de curvatura menor ou igual a 100 m e 54,45 km (99,34%) com raio de curvatura superior a 100 m.

Quadro 63: Levantamento e Análise das Deflexão na Faixa 1 por extensão, Sentido Decrescente

FX 1 – SENTIDO DECRESCENTE

Conceito	D ₀ (0,01 mm)	Leituras (Un.)	Extensão (km)	%
Excelente	0 – 20	255	10,19	18,59%
Bom	20 – 40	752	30,04	54,81%
Regular	40 – 60	323	12,90	23,54%
Ruim	60 – 80	41	1,64	2,99%
Péssimo	> 80	1	0,04	0,07%
TOTAL		1.372	54,81	100,00%

No que tange aos valores de deflexão (D₀) observa-se que no sentido decrescente 0,07% (0,04 km) apresenta valores superiores a 80 (0,01 mm); 2,99% (1,64 km) apresenta valores entre 60 a 80 (0,01 mm); 23,54% (12,90 km) apresenta valores entre 40 a 60 (0,01 mm); 54,81% (30,04 km) apresenta valores entre 20 a 40 (0,01 mm) e 18,59% (10,19 km) apresenta valores iguais ou inferiores a 20 (0,01 mm).

4.6.2. Estrutura do Pavimento Existente

As informações sobre os materiais constituintes das camadas do pavimento foram obtidas através da abertura de poços de inspeção no pavimento, realizados para identificação da natureza e espessura das camadas do pavimento.

Observa-se que a estrutura do pavimento existente pode ser, assim, classificada:

Quadro 64: Levantamento do pavimento existente

CAMADA	MATERIAL		ESPESSURA ADOTADA
Camada 1	Camada de Revestimento em CBUQ	Revestimento	5
Camada 2	Camada de Binder	Revestimento	5
Camada 3	Brita corrida ou Solo Cimento	Base	20
Camada 4	Brita corrida ou Solo-Cimento ou Solo Granular	Sub-base	20
Camada 5	Argila silto-arenosa	Reforço do Subleito	60
Camada 6	Subleito	Subleito	-

4.6.1. Tráfego

Os dados de tráfego têm por objetivo fornecer uma estimativa de tráfego pesado que solicitará o pavimento rígido/Whitetopping ao longo do seu período de vida útil.

O Quadro 65 apresenta o resumo do número de repetições de eixos e a distribuição de cargas calculadas para o dimensionamento do pavimento rígido Whitetopping, conforme apresentado no Capítulo 4.5.1.

Quadro 65: Número de repetições de eixos e distribuição de cargas

EIXO	CARGA COM TOLERÂNCIA DE 12,5% (t)	Nº REPETIÇÕES (30 ANOS)
------	-----------------------------------	-------------------------

ESRS	6,8	7.357.817
ESRD	11,3	4.076.492
ETD	19,1	4.408.651
ETT	28,7	2.757.923
TOTAL		18.600.883

4.6.2. Fundação

A fundação de Restauração de Pavimento em Pavimento rígido, popularmente conhecido na Engenharia Rodoviária como Whitetopping, compreenderá a estrutura do pavimento existente. Com isso, o pavimento asfáltico existente deverá ser inspecionado antes do lançamento do concreto, com o intuito de promover as devidas correções da sua superfície ou da estrutura, de acordo com as intervenções listadas no quadro a seguir.

Quadro 66: Intervenções prévias requeridas no pavimento asfáltico existente

TIPO DE DEFEITO	PREPARO PRÉVIO REQUERIDO
Trilha de roda > 50 mm	Fresagem ou Nivelamento
Trilha de roda < 50 mm	Nenhum
“Painéis”	Enchimento
Falha de subleito	Remoção/Reparação
Trincas em Geral	Nenhum
Exsudação	Nenhum
Desagregação Superficial	Limpeza

As eventuais correções geométricas para a execução do pavimento rígido utilizando a técnica de Whitetopping deverão seguir conforme as três situações descritas abaixo (separadamente ou combinadas);

- Colocação direta das placas de concreto sobre o revestimento asfáltico existente;
- Fresagem do revestimento asfáltico existente antes da colocação das placas de concreto;
- Colocação de camada asfáltica intermediária entre o revestimento asfáltico existente e as placas de concreto.

Antes da execução do Whitetopping será executado um levantamento topográfico completo da geometria do pavimento existente, com o intuito de estudar as eventuais diferenças de cotas para a colocação das placas de concreto, em função da geometria da rodovia.

Para tal, poderá ser utilizada uma planilha eletrônica (plano cotado) a qual ajustará o nivelamento da superfície do pavimento para a sua execução.

4.6.2.1. DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE RECALQUE DA FUNDAÇÃO

O coeficiente de recalque foi calculado com base nos registros disponíveis de deflexão do pavimento asfáltico existente, no trecho em questão, levantadas com emprego do equipamento FWD – Falling Weight Deflectometer.

As medidas de deflexão foram realizadas com emprego do FWD, espaçadas de 40 em 40 metros, alternadamente por faixa de tráfego.

Os valores deflectométricos medidos pelo FWD, foram convertidos para valores da viga Benkelman seguindo orientação do Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT - 2006, que relaciona esses valores seguindo as seguintes expressões:

- Para $D_0 < 85 \times 10^{-2}$ mm - $D_{VB} = 20,645 \cdot (D_{FWD} - 19)^{0,351}$; e
- Para $D_0 > 85 \times 10^{-2}$ mm - $D_{VB} = 8,964 \cdot (D_{FWD} - 60)^{0,715}$.

Para os segmentos foram obtidas as médias das deflexões para a pista, constantes nos quadros abaixo:

Quadro 67: Condição deflectométrica da pista – Rodovia PR-272

D_{FWD} D_0 MÉDIO (0,01mm)	DESVIO PA- DRÃO	D_c FWD (0,01mm)	D_c VB (0,01mm)	R_c (m)
33,25	12,48	45,73	65,42	141,59

Quadro 68: Condição deflectométrica da pista – Rodovia PR-466

D_{FWD} D_0 MÉDIO (0,01mm)	DESVIO PA- DRÃO	D_c FWD (0,01mm)	D_c VB (0,01mm)	R_c (m)
42,83	11,33	54,16	72,02	133,02

A pior deflexão característica apresentou valor de $72,02 \times 10^{-2}$ mm (Viga Benkelman). Para a definição da deflexão de projeto também deverão ser avaliados os seguintes pontos:

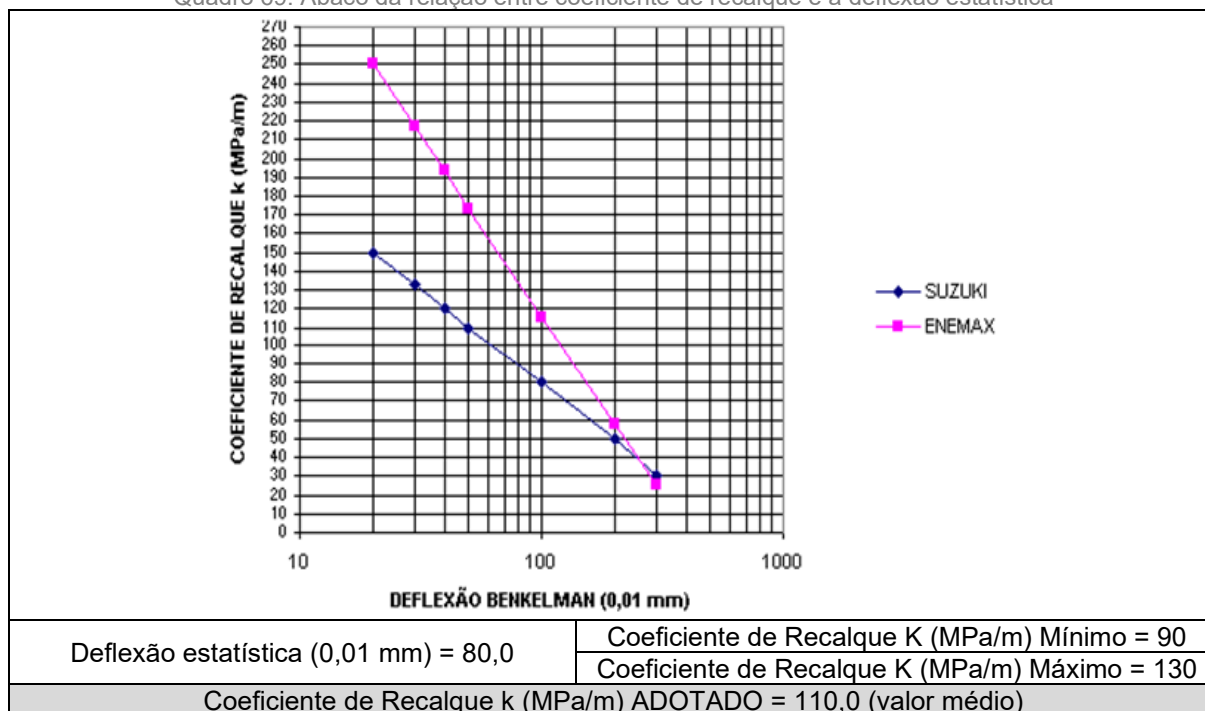
- Data do levantamento das deflexões x data da contratação da empresa executora;
- Data da contratação da empresa executora x início efetivo da execução do pavimento rígido sobre o pavimento flexível existente (Whitotopping).
- Incidência de tráfego de veículos pesados até a efetiva abertura da rodovia (prevista para 2026) e consequente piora das condições do pavimento flexível existente.

Deste modo, como este projeto prevê uma vida útil de 30 anos, se faz necessário uma previsão futura das condições do pavimento flexível existente no momento do dimensionamento do pavimento rígido.

Como fator de segurança adicional à deflexão característica calculada, em função dos pontos apresentados anteriormente, adota-se a deflexão de projeto de $80,0 \times 10^{-2}$ mm (Viga Benkelman).

Através da correlação do valor da deflexão de projeto com a faixa de variação do coeficiente de recalque k (mínimo e máximo), por meio do ábaco de pesquisa do DNER, é possível obter o valor do coeficiente de recalque k para o trecho em estudo.

Quadro 69: Ábaco da relação entre coeficiente de recalque e a deflexão estatística



Para o dimensionamento consideramos o coeficiente de recalque k do conjunto subleito/pavimento existente de 110,0 MPa/m.

No desenvolvimento da obra serão verificadas as deflexões do pavimento flexível existente antes da execução do pavimento rígido Whitetopping. Para os segmentos que apresentarem deflexões acima da deflexão de projeto (80×10^{-2} mm), deverão ser observadas as intervenções prévias apresentadas no Quadro 66.

4.6.3. Dimensionamento

O dimensionamento das estruturas propostas foi executado através do emprego dos métodos empíricos de dimensionamento de pavimentos flexíveis oficializado pelo DNIT

(Manual de Restauração de Pavimento, 2006) e Normas. Foi realizado também o dimensionamento de estrutura em pavimento rígido/Whitetopping através da metodologia PCA/84 para que fosse possível elaborar uma análise comparativa técnica-econômica das soluções.

Salienta-se que o trecho em questão faz parte de um único segmento homogêneo, e desta forma não foram consideradas subdivisões sendo que os dados de tráfego utilizado são únicos para o segmento, adotando-se o pior caso, e todos os ensaios de investigações geotécnicas foram estatisticamente definidos de modo a abranger todo o segmento em questão, ou seja, o Coeficiente de Recalque K e o número N são os mesmos para todos os dispositivos dimensionados: linha geral, acostamento, marginais e interseções.

Através da Avaliação Econômica, foi estabelecido que a Restauração da Linha Geral e Faixas Adicionais será constituído de solução em Whitetopping.

4.6.3.1. DIMENSIONAMENTO DO WHITETOPPING

O dimensionamento do pavimento rígido tipo Whitetopping foi elaborado segundo o método da Portland Cement Association (PCA) publicado em 1984 nos EUA, contido no Estudo Técnico ET-97 – "Dimensionamento de Pavimentos Rodoviários e Urbanos de Concreto pelo Método da PCA/1984" da ABCP) e recomendado pelo Manual de Pavimentos Rígidos do DNIT, publicação IPR 714 de 2005.

O método PCA/84 está alicerçado em conhecimentos obtidos nos últimos decênios nas áreas de cálculo de tensões, geometria, construção e gerência desse tipo de pavimento. Este método introduziu o modelo de ruína por erosão da fundação do pavimento ao método anteriormente utilizado (PCA/66) que basicamente era fundamentado no modelo de fadiga do concreto.

O método da PCA/84 baseia-se em quatro pontos, descritos abaixo:

- Estudos teóricos clássicos sobre o comportamento de placas de concreto (Teorias de Westergaard e Pickett) e modernas análises de computador empregando elementos finitos, de acordo com Tayabji e Colley;
- Ensaios de laboratórios e de modelos sobre o comportamento de juntas, sub-bases e acostamentos e sua influência no desempenho do pavimento;
- Pistas experimentais, especialmente a da então AASHO, hoje denominada de ASSHTO, e estudos específicos levados a efeito por diversos órgãos rodoviários e aeroportuários;

-
- Observação metódica de pavimentos em serviço.

A conexão entre essas informações teóricas, de pesquisa e práticas, necessárias para a concepção de um procedimento de dimensionamento dito mecanístico (em contraposição aos métodos empíricos), no qual se integram os distintos parâmetros, é resolvido por uma análise completa das tensões e deformações em um modelo que emprega elementos finitos.

Em linhas gerais, o modelo trabalha com as propriedades do concreto, o tipo de fundação e os carregamentos solicitantes.

O dimensionamento do pavimento rígido para as áreas de restauração em Whitetopping foi elaborado para as seguintes condições:

- Período de Projeto: 30 anos;
- Fator de segurança – FSC: 1,20;
- Juntas com barras de transferência: Sim;
- Acostamento de concreto: Sim;
- Coeficiente de recalque ou Modulo de reação do sistema – k_{sistema} : 110,0 MPa/m;
- Resistencia à tração na flexão do concreto: 4,50 MPa;

Com os dados de concreto, tráfego e fundação, define-se a espessura da placa necessária para suportar as tensões de tração por flexão e as deformações verticais críticas produzidas pela passagem dos veículos.

O quadro apresentado na sequência apresenta a memória de cálculo do dimensionamento do pavimento rígido. O método de cálculo determina que o consumo de fadiga e de erosão sejam respectivamente abaixo de 100%.

A espessura calculada neste dimensionamento foi de 22 cm, apresenta-se a seguir a planilha de cálculo.

Quadro 70: Memória de Cálculo PCA/84 – Pavimento Rígido Tipo Whitetopping

DIMENSIONAMENTO			
FUNDAÇÃO			
-	CBR / ISC	-	Modulo de Reação - k_{SUBLEITO} (Mpa/m)
1	Quantidade de Camadas (Sub-Base / Base)		
Pavimento Existente		Tipo de sub-base	
10,0	Espessura da sub-base (cm)		
110,0	Modulo de Reação - $k_{\text{SUB-BASE}}$ (Mpa/m) - Estimado	Modulo de Reação - $k_{\text{SISTEMA DE APOIO}}$ (Mpa/m) - Adotado	110,0
DIMENSIONAMENTO PELA PCA/84			
Para o dimensionamento do pavimento rígido, foi utilizada a metodologia da PCA Portland Cement Association, versão 1984, compilada na ET-97, Dimensionamento de Pavimentos Rodoviários e Urbanos de Concreto pelo Método da PCA/1984 da Associação Brasileira de Cimento Portland			
PARÂMETROS DE PROJETO		SEÇÃO TRANSVERSAL	
22,0	Espessura da placa de concreto (cm)	Placa de concreto de cimento Portland (CCP) 22 cm Pavimento Existente Var. SUBLEITO	
4,5	Resistência à tração na flexão do concreto (MPa)		
1,2	Fator de segurança de cargas (FSC)		
Sim	Acostamento de concreto / Apoio lateral		
Sim	Juntas transversais com barra de transferência		
ANÁLISE DE FADIGA E EROÇÃO			

Cargas por eixo (tf)	Carga por eixo (x) FSC (tf)	Nº de repetições previstas	ANÁLISE DE FADIGA		ANÁLISE DE EROÇÃO	
			Nº de repetições admissíveis	Consumo de Fadiga (%)	Nº de repetições admissíveis	Consumo de Erosão (%)
EIXO SIMPLES			1,100	Tensão Equivalente		
			0,244	Fator de Fadiga	2,220	Fator de Erosão
6,80	8,16	7.357.817	Ilimitado	0,00	Ilimitado	0,00
6,60	7,92	0	Ilimitado	0,00	Ilimitado	0,00
6,00	7,20	0	Ilimitado	0,00	Ilimitado	0,00
11,30	13,56	4.076.492	Ilimitado	0,00	17.764.197	22,95
11,10	13,32	0	Ilimitado	0,00	25.393.107	0,00
10,00	12,00	0	Ilimitado	0,00	Ilimitado	0,00
EIXO TANDEM DUPLO			0,925	Tensão Equivalente		
			0,206	Fator de Fadiga	2,265	Fator de Erosão
15,20	18,24	0	Ilimitado	0,00	Ilimitado	0,00
14,90	17,88	0	Ilimitado	0,00	Ilimitado	0,00
13,50	16,20	0	Ilimitado	0,00	Ilimitado	0,00
19,10	22,92	4.408.651	Ilimitado	0,00	Ilimitado	0,00
18,80	22,56	0	Ilimitado	0,00	Ilimitado	0,00
17,00	20,40	0	Ilimitado	0,00	Ilimitado	0,00
EIXO TANDEM TRIPLO			0,735	Tensão Equivalente		
			0,163	Fator de Fadiga	2,310	Fator de Erosão
28,70	34,44	2.757.923	Ilimitado	0,00	92.916.897	2,97
28,20	33,84	0	Ilimitado	0,00	Ilimitado	0,00
25,50	30,60	0	Ilimitado	0,00	Ilimitado	0,00
TOTAIS			0,00		25,92	

Conclusão: Espessura de 22 cm da placa de concreto, SUFICIENTE pela análise de fadiga e erosão

A metodologia PCA/84 resultou em um Pavimento Rígido tipo Whitetopping com Placa de Concreto de Cimento Portland com 22,0 cm de espessura, sob uma estrutura de Pavimento existente com Deflexão por Viga Benkelman menor ou igual a 80×10^{-2} mm.

4.6.3.2. CONCEPÇÃO DAS PLACAS E JUNTAS

Os pavimentos rígidos estão sujeitos ao surgimento de fissuras transversais e longitudinais, provocadas pelas variações volumétricas do concreto, em função das variações térmicas e pela combinação dos efeitos do empenamento restringido das placas e dos esforços solicitantes gerados pela ação do tráfego.

A tecnologia disponibiliza dois dispositivos para o controle das fissuras:

- Emprego de armadura distribuída, sem função estrutural, com a finalidade de manter fortemente ligadas as faces das fissuras; e
- Adoção de seções artificialmente enfraquecidas, induzindo a ocorrência de fissuras.

Para o projeto e execução das juntas são analisados o fenômeno de retração do concreto e as situações possíveis de posicionamento das rodas dos veículos. Nos casos em que as placas possuírem configurações irregulares, evita-se cantos de placas formando ângulos agudos, devendo ainda adotar armadura distribuída descontínua, sem função estrutural.

Para o projeto em questão foi definida concepção para a pista de rolamento com pavimento rígido simples, com barras de transferência nas juntas transversais de retração com espaçamento máximo entre juntas transversais de 5,0 m.

4.6.3.3. CÁLCULO DAS BARRAS DE TRANSFERÊNCIA

De acordo com o Estudo Técnico N°13 da Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP, o dimensionamento das barras de transferência é dado pelo quadro a seguir.

Quadro 71: Bitola, comprimento e espaçamento de barras de transferência (Aço CA-25) (Seg. PCA)

Espessura da Placa (cm)	Bitola (Ø)	Comprimento (mm)	Espaçamento (mm)
até 17,0	20	460	300
17,5 – 22,0	25	460	300
22,5 – 30,0	32	460	300
> 30,0	40	460	300

Para o pavimento rígido tipo Whitetopping de concreto dimensionado, com 22 cm de espessura, a **barra de transferência terá diâmetro de 25 mm, comprimento de 46 cm e espaçamento de 30 cm.**

4.6.3.4. CÁLCULO DAS BARRAS DE TRANSFERÊNCIA

Para manter as placas livres de possíveis movimentos laterais e assegurar que, juntas, permitam a transferência de carga, utiliza-se barras de ligação na junta longitudinal.

O dispositivo de ligação é calculado pela seguinte formulação:

$$As = \frac{b \cdot f \cdot \gamma_c \cdot h}{100 \cdot S}$$

Onde:

As = área de aço necessária (cm²/m);

b = distância entre a junta considerada e a junta ou borda livre mais próxima dela (m);

f = coeficiente de resistência entre a placa e o subleito ou sub-base;

γ_c = peso específico do concreto (N/m³);

h = espessura da placa (m);

S = tensão admissível no aço (MPa).

As calculado = 0,86 cm²/m (placa com 22 cm)

O comprimento da barra de ligação é calculado da seguinte forma:

$$l = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{S \cdot d}{\tau_b} \right) + 7,5$$

Onde:

l = comprimento de uma barra de ligação (cm);

d = diâmetro da barra de ligação (cm);

τ_b = tensão de aderência entre o aço e o concreto (MPa);

7,5 = margem para prever possível descentralização da barra (cm).

l calculado = 75,53 cm

Para o pavimento rígido tipo Whitetopping dimensionado, com 22 cm de espessura, a barra de ligação adotada terá diâmetro de 10 mm, comprimento de 80 cm e espaçamento de 90 cm.

4.6.4. Detalhes Técnicos

Na sequência serão apresentados alguns detalhes técnicos para a execução do Whitetopping dimensionado:

- Junta transversal: a cada 5,0 m, com barra de transferência de aço CA-25 (liso) com $\varnothing = 25$ mm a cada 30 cm e comprimento de 46 cm.
- Junta longitudinal: com barra de ligação de aço CA-50 (corrugado) com $\varnothing = 10,0$ mm a cada 90 cm e comprimento de 80 cm.
- Placa de Concreto Simples: Concreto com resistência característica à tração na flexão de 4,5 MPa (vide item 1.3.1.).
- Poderá ser colocada uma lona plástica de 200 micra sobre o pavimento flexível existente, sendo o seu uso eventual e restrito a locais com defeitos que possam travar a placa de concreto (a ser definido durante a execução dos serviços).
- Placa com Armadura Superior: Nas placas irregulares, onde indicado em projeto, será adicionada tela soldada (Q-138) com malha 10x10 cm fio $\varnothing 4,2$ mm na parte superior das placas com 5 cm de cobrimento.
- Placa com Armadura Dupla: Nas placas de encontro com OAE, onde indicado em projeto, será adicionada tela soldada (Q-138) com malha 10x10 cm fio $\varnothing 4,2$ mm na parte superior das placas com 5 cm de cobrimento e tela soldada (Q-385) com malha 10x10 cm fio $\varnothing 7,0$ mm na parte inferior das placas com 5 cm de cobrimento.
- Selantes: O material selante deverá ser suficientemente aderente ao concreto, resistente à infiltração de água, à penetração de sólidos, durável, de manuseio não prejudicial à saúde do operador, devendo conservar essas propriedades em todas as condições ambientais e de tráfego.

Pela característica da rodovia define-se 10 anos como vida útil mínima para o material selante. Neste projeto, está sendo indicado o selante moldado a frio tipo SILICONE AUTONIVELANTE 890-SL (DOWSIL) ou similar.

4.6.5. Lista de Equipamentos

Para a execução do pavimento rígido tipo Whitetopping, será necessário a mobilização dos seguintes equipamentos (principais):

- Central de concreto Dosadora e Misturadora – mínimo de 120 m³/h;
- Pavimentadora de Formas Deslizantes que atenda a largura de 7,0 m, com insensor de barras de ligação, sendo que a largura do equipamento não dificulte o plano de ataque de obra, principalmente o tráfego normal da via que ficará restrito a faixa não interrompida (no caso do Whitetopping);
- Régua treliçada vibratória para placas irregulares;
- Texturizadora a aplicadora de cura;
- Caminhão basculante para transporte do concreto das placas;
- Caminhão autobetoneira para transporte do concreto para a régua treliçada;
- Escavadeira hidráulica para auxiliar a pavimentadora de formas deslizante;
- Serra de disco diamantado de porte que atenda as produções diárias de corte;
- Ponte de serviço para auxiliar acabamentos e texturização;
- Viga Benkelman – levantamento deflexões do pavimento existente;
- Fresadora Wirtgen ou similar para nivelamento do pavimento asfáltico;
- Recicladora Wirtgen ou similar para regularização dos acostamentos;
- Motoniveladora;
- Retroescavadeira sobre pneus;
- Rolo liso vibratório;
- Caminhão tanque com irrigadora horizontal;
- Caminhão espargidor de emulsão asfáltica;
- Vassoura Mecânica.

4.6.6. Plano de Garantia do Controle de Qualidade

O controle de qualidade dos trabalhos referentes a obra é da responsabilidade do Empreiteiro que deverá apresentar para aprovação, juntamente com o Plano de Trabalho e o

cronograma financeiro, um Plano de Garantia e Controle de Qualidade, bem como o nome do responsável pela sua implementação. Este plano deve contemplar, no mínimo, o tipo e a frequência dos ensaios a serem realizados, devendo sempre atender o previsto nas Especificações Gerais Para Obras Rodoviárias do DER/PR.

A execução do pavimento rígido de concreto deverá obedecer, no que couber, as normas do DER/PR, bem como as Especificação de Serviço do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, normas DNIT 049/2013 – ES, DNIT 047/2004 – ES, DNIT 056/2013 – ES e DNIT 068/2004 – ES, complementadas com as especificações técnicas da Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP.

Este controle não isenta o Empreiteiro de responsabilidade de deficiências e anomalias de construção que lhe sejam imputáveis.

É necessário seguir as mesmas orientações dispostas no Capítulo 4.5.6.

4.6.6.1. RECOMENDAÇÕES PARA EXECUÇÃO DO WHITETOPPING

Recomenda-se que os serviços referentes a execução do Whitetopping, deverão ser atacados de forma a convergir para a central de concreto, para evitar que o tráfego pesado da obra transite sobre o pavimento recém-construído.

O local de instalação da central de concreto DOSADORA E MISTURADORA deverá ser analisada para que a trabalhabilidade do concreto atenda as exigências de abatimento (slump) das pavimentadoras de fôrmas deslizantes.

Para a execução do serviço será obrigatório o uso de PAVIMENTADORA DE FORMAS DESLIZANTES que atenda a largura de 7,00 m tipo Wirtgen SP 500, Gomaco Commander III ou similar, com inserção automatizada da barra de ligação da junta longitudinal, sendo que a largura da pavimentadora deverá ser tal que não dificulte o plano de ataque da obra, principalmente o tráfego normal da via que ficará restrita a faixa lateral não interrompida.

Outras pavimentadoras maiores poderão ser utilizadas, desde que permitam o tráfego da via sem interrupção quando da execução dos serviços de pavimentação.

Na lateral da pavimentadora de formas deslizantes deverá ter uma superfície de cerca de 0,5m de largura plana para a passagem das esteiras da pavimentadora.

Nos locais onde tem sarjeta está previsto reaterrá-la com bica corrida ou outro material similar, para nivelar a sua parte superior. Onde não há sarjeta deverá ser feito uma regularização do solo lateral.

A referência de nível não é este terreno planificado e sim um sistema de cabo-guia (com cabo de aço), fixada em vergalhões chumbados no terreno, um pouco mais afastado do rodado da pavimentadora (em princípio 1,50 m).

A faixas de concretagem típicas serão compostas pela semi-pista com largura de 3,60 m mais a largura do acostamento de 2,50 m, totalizando 6,10 m, ou semi-pista com largura de 3,60 m da terceira faixa mais a largura da faixa de segurança de 1,00 m, totalizando 4,60 m de largura.

A junta longitudinal de construção estará posicionada no eixo da pista, tendo a plataforma duplo caimento transversal.

A central de concreto deverá ser obrigatoriamente do tipo DOSADORA E MISTURADORA com capacidade mínima de 120 m³/hora efetivo, para atender a produção e ao cronograma da obra.

O trecho poderá ser dividido em segmentos de cerca de 4 km. Para executar uma faixa de semi-pista de cada vez, o tráfego é bloqueado em um dos sentidos. Findo esses 4 km, deve ser deixado um segmento de cerca de 250 m e fazer outro segmento de 4 km no lado contrário e assim sucessivamente, até que o primeiro segmento de 4 km seja permitido trafegar por cima.

Na sequência são feitos os segmentos de 4 km alternados que ficaram para traz, permanecendo os 250 m sem pavimentar e funcionando como desvios de tráfego. Por fim os 250 m executados, com uma semi-pista de cada vez. Para que seja cumprido este plano de ataque da obra, o construtor deverá executar um rigoroso plano de segurança (funcionários, equipamentos próprios e tráfego normal da via) com o intuito de preservar as condições de segurança na área isolada de trabalho.

O concreto deverá ter resistência característica a tração na flexão de $f_{ctM,k} = 4,5$ MPa aos 7 dias, para a liberação do tráfego mais rápida sobre os segmentos concretados de acordo com o planejamento executivo. O traço de concreto deverá ter um consumo de cimento que permita a obtenção da resistência aos 7 dias (estima-se um consumo de 400 kg/m³ de concreto). A medida do desenvolvimento da obra este consumo de cimento poderá ser otimizado, caso seja possível.

Deverá ser executada a selagem das juntas concomitantemente a execução de faixas de concreto, para liberação mais rápida ao tráfego. Neste caso pode acontecer alguns pequenos pontos com agressão a selagem jovem, sendo então necessário prever um percentual de reposição da selagem.

Deverão ser executadas rampas de acesso provisórias nas entradas e saídas dos segmentos concretados nas diversas fases intermediárias da pavimentação. Poderá ser utilizado material asfáltico ou outro material similar.

Só deve iniciar o concreto depois de ter razoável frente de pavimento asfáltico recuperado (existente) e acostamentos implantados, concentrando deste modo as atividades de concretagem com alta produtividade. Logicamente que o traço do concreto já deverá ter passado pelos ensaios de laboratório e obtido a comprovação da resistência requerida no projeto.

Nas interseções, encontros de pontes, travessias urbanas e refúgios será executada a placa de concreto com equipamento de pequeno porte. Para este serviço deve ser obedecida as Normas do DER e do DNIT 047/2004-ES.

Para controle das espessuras das camadas que compõem o pavimento será obrigatório o uso de uma ferramenta de controle topográfico, chamado de PLANO COTADO, antes do início das atividades sobre o pavimento asfáltico existente.

Esta ferramenta consiste numa planilha eletrônica com os dados topográficos do pavimento asfáltico existente, com levantamento de seções a cada 5,0 m e com no mínimo 5 (cinco) pontos de nivelamento por seção.

Deste modo pode-se medir as irregularidades do pavimento existentes e proceder os ajustes no pavimento asfáltico (através de fresagem) ou complementação das depressões com volume adicional de concreto.

Para executar a concretagem em dias frios, a norma brasileira ABNT NBR 7212 – Execução de concreto dosado em central – Procedimento, em seu item 4.5.4, estabelece a temperatura ambiente de 5°C como mínima para o lançamento de concreto.

Também a norma ABNT NBR 14931 – Execução de estruturas de concreto – Procedimento, determina a interrupção da concretagem quando a temperatura ambiente ficar abaixo de 0°C nas 48 horas seguintes.

Para execução de concretagem nestas épocas frias, recomenda-se o seguinte:

Elaboração de cuidadoso plano de concretagem para rápida aplicação do concreto na pavimentadora.

Estudo do traço de concreto para que tenha características que atendam as dificuldades de execução em dias frios.

Manutenção, na obra, de quantidade suficiente de material isolante, tais como lençóis plásticos, manta de geotêxtil, lonas, e outros materiais, para cobrir o concreto, logo após a aplicação, com o objetivo de manter o próprio calor do concreto.

Os serviços necessários para atender as Especificações de Serviço e as recomendações e orientações aqui listadas, fazem parte do controle tecnológico e geométrico da obra, não sendo objeto de medição em separado.

As instalações do canteiro de obras e das áreas de apoio (pedreira, instalações da central de concreto, caixas de empréstimo, bota fora etc.), inclusive o tapume de vedação, fazem parte do item Mobilização e Desmobilização, não sendo, portanto, remunerados em separado.

Por fim, as informações citadas nessa recomendação se enquadram também para a Implantação do pavimento rígido novo.

4.6.7. Sinalização Provisória de Obra

A sinalização provisória de segurança e preventiva, deverá ser implantada durante o período do desenrolar da obra, necessariamente executada e mantida pela construtora. Deverá atender as normas e ao Manual de Sinalização de Obras e Emergências do DNIT.

O Empreiteiro deverá implantar um sistema de “pare” e “siga” durante todo o período de execução do pavimento de concreto. Este sistema deverá ser previsto para as 24 horas diárias, pois deverá ser mantido a segurança do usuário bem como a integridade do pavimento de concreto no processo de cura (fase de endurecimento) e dos funcionários que estarão em atividades no período noturno.

Prever pintura de faixa de sinalização provisória com largura de 10 cm, à base de água, para quando da liberação do tráfego em ambos os sentidos.

Por fim, as informações citadas nessa recomendação se enquadram também para a Implantação do pavimento rígido novo.

4.6.8. Outras Recomendações

Os serviços, principalmente os de pavimentação, deverão obedecer a uma sequência racional e contínua, evitando a execução de uma etapa da obra sem estar preparado para efetuar as demais etapas.

O Empreiteiro deverá indicar a localização das fontes dos materiais (incluindo pedreiras, jazidas de solos, areia etc.) que serão utilizados na obra, atendendo às exigências

contidas nesta RDCi, às especificações do Projeto Final de Engenharia do trecho e às Especificações Gerais de Obras Rodoviárias do DER/PR.

No transporte de materiais, os caminhões não poderão trafegar com carga por eixo acima do estabelecido na legislação brasileira pertinente, no trecho em execução e nas demais rodovias, devendo o Empreiteiro assumir toda responsabilidade por qualquer dano por ele provocado em decorrência do excesso de carga nessas rodovias utilizadas para a execução das Obras, inclusive no trecho objeto das Obras.

O Empreiteiro deverá executar o serviço de tapa-buraco emergencial na totalidade do trecho, durante toda a obra, após o início efetivo dos serviços de restauração do pavimento existente.

A seguir são apresentadas algumas fotos ilustrativas das operações de execução de obra de reabilitação do pavimento existente com pavimento de concreto – técnica de Whitetopping.

Quadro 72: fotos ilustrativas das operações de execução de restauração em Whitetopping

	
Fotografia 1 – Exemplo de fresagem para correção de defeitos superficiais – preenchimento com concreto magro	Fotografia 2 – Início dos trabalhos – desvio de tráfego para uma pista – sistema PARE / SIGA



Fotografia 3 – Pista da direita concretada – tráfego pelo sistema PARE / SIGA na faixa da esquerda



Fotografia 4 – Detalhe de execução do pavimento de concreto – cuidado com a junta longitudinal de construção no eixo da pista



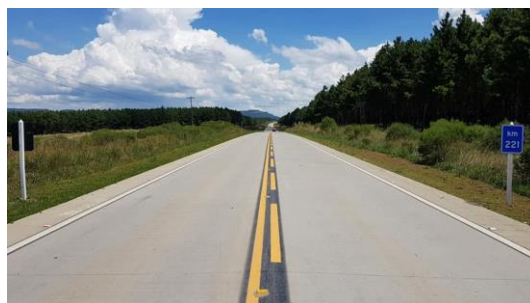
Fotografia 5 – Detalhe de execução do pavimento de concreto – tráfego da rodovia na faixa não concretada e detalhe do posicionamento da escavadeira na frente da pavimentadora



Fotografia 6 – Detalhe de execução do pavimento de concreto – caminhão basculante + escavadeira hidráulica + pavimentadora



Fotografia 7 – Detalhe de execução do pavimento de concreto – duas faixas concretadas – uma faixa isolada em processo de cura do concreto



Fotografia 8 – Restauração do pavimento com Whitetopping – concluída

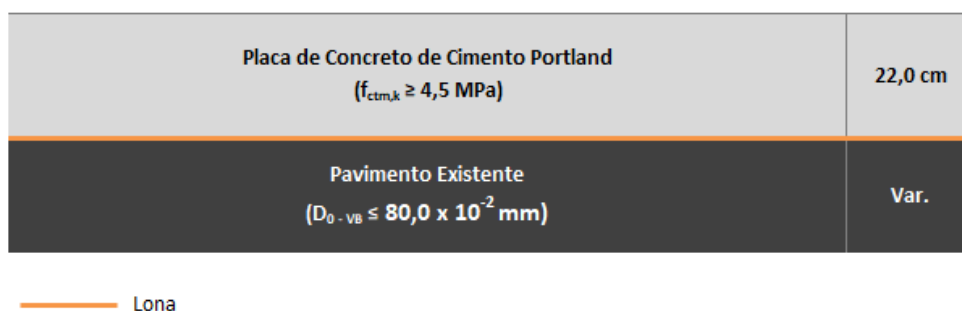
Por fim, as informações citadas nessa recomendação se enquadram também para a Implantação do pavimento rígido novo.

4.6.9. Resumo da Solução de Restauração

Conforme apresentado anteriormente, foi dimensionada estrutura de pavimento rígido buscando-se definir a solução com maior viabilidade técnica e econômica para Restauração do Pavimento Existente.

Na Figura 25 é apresentado o croqui com a estrutura de pavimento rígido obtido pelo emprego do método do PCA/84, recomendado pela ABCP, para Restauração do tipo Whitetopping na Linha Geral e Faixas Adicionais.

Figura 25: Solução de Restauração em Whitetopping



4.6.10. Especificações de Serviços

Na execução do pavimento rígido tipo Whitetopping de concreto devem ser empregadas as seguintes especificações construtivas - Normas do DER/PR, DNIT e ABNT:

Quadro 73: Especificações dos materiais a serem adotados para o Pavimento Rígido

ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS E NORMAS	
DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO
Pavimento Rígido	DER/PR-ES-PA-35-23
Pavimento rígido – Estudos de traços e ensaios de caracterização de matérias – Procedimento	DNIT 054/2004
Pavimento rígido – Selante de junta – Especificação de material	DNIT 046/2004
Pavimento rígido – Execução de pavimento rígido com equipamento de pequeno porte - especificação de serviço	DNIT 047/2004
Pavimento rígido – Execução de pavimento rígido com equipamento de forma-trilho - Especificação de serviço	DNIT 048/2004
Pavimento rígido – Execução de pavimento rígido com equipamento de forma deslizante - Especificação de serviço	DNIT 049/2013
Pavimento rígido – Sub-base de concreto de cimento Portland compactado com rolo – Especificação de serviço	DNIT 056/2013
Pavimento Rígido - Execução de camada superposta de concreto do tipo Whitetopping por meio mecânico - Especificação de serviço	DNIT 068/2004



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA
RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS E NORMAS	
DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO
Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto – Procedimento	NBR 5738
Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos de concreto	NBR 5739
Aço destinado a armadura para estrutura de concreto armado – Especificações.	NBR 7480
Determinação da consistência do concreto pelo abatimento do tronco de cone - Ensaio de abatimento	NBR 7223
Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de concreto	NBR 7680
Determinação da resistência à tração em corpos de prova prismáticos	NBR 12142
Agregados para concreto – Especificação	NBR 7211
Cimento Portland – Requisitos	NBR 16697

4.7. ANTEPROJETO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS

O presente relatório denominado Projeto de Obras de Artes Especiais, tem por objetivo subsidiar a elaboração de projeto de engenharia para restauração e ampliação de capacidade da rodovia PR-272, entre o entroncamento com a BR-376, no km 199,83 e o entroncamento com a PR-466, km 254,64, denominado lote 03 – Mauá da Serra a Porto Ubá, totalizando 54,81 km de extensão.

O Subtrecho 01 é apresentado para o segmento entre os quilômetros 199,83 e 218,15, com extensão de 18,32 km. Nesse segmento contém as seguintes obras:

- Viaduto Acesso II a Faxinal.

O Subtrecho 02 é apresentado para o segmento entre os quilômetros 218,52 e 239,62, com extensão de 21,47 km. Nesse segmento contém a seguinte obra:

- Viaduto Cruzmaltina.

O Subtrecho 03 é apresentado para o segmento entre os quilômetros 239,62 e 254,64, com extensão de 15,02km. Nesse segmento contém a seguinte obra:

- Entroncamento com PR-453.

4.7.1. Viaduto Acesso II a Faxinal.

A estrutura tem uma extensão total de aproximadamente 53 metros e largura 23 metros. O tabuleiro é dividido em três segmentos, apoiados sobre cinco vigas cada. Os vãos extremos tem 13,2 e 14,6 metros, e o trecho central 25,8 metros. A pista sobre a estrutura tem quatro faixas de rolamento com largura de 3,60 metros cada, dois acostamentos laterais com largura de 2,50 metros e um acostamento central de 1,80 metros de largura. A ponte apresenta uma declividade longitudinal de 0,5%, e uma transversal de 3% com declive a partir do topo.

O sistema estrutural adotado foi de concreto armado e concreto protendido para as vigas longitudinais. O tabuleiro em concreto armado se apoia sobre as vigas, que por sua vez transmitem suas cargas as travessas, através de aparelhos de apoio em neoprene fretado. As travessas nos encontros do viaduto se apoia direto sobre os blocos de fundação e as travessas intermediárias, estão sobre três pilares de seção circular cada. A fundação de toda a estrutura é em bloco de coroamento sobre estacas tipo raiz. Os detalhes de cada elemento podem ser vistos no projeto estrutural

Figura 26: Vista em planta da estrutura

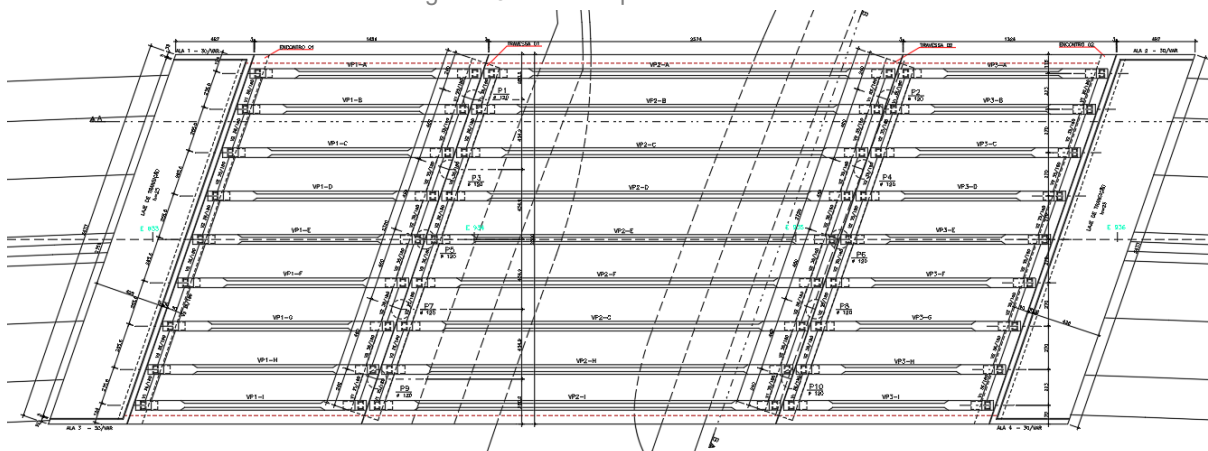
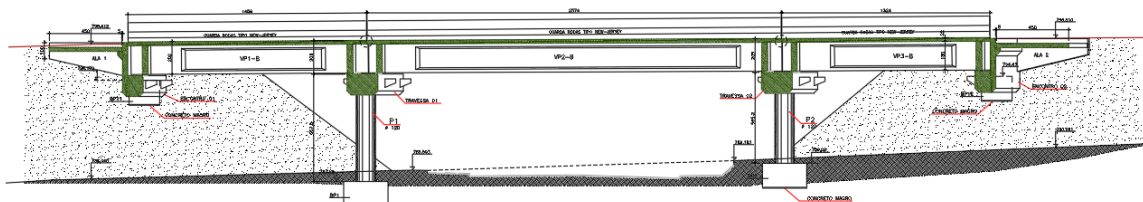


Figura 27: Vista longitudinal da estrutura



A concepção da estrutura considera a moldagem da infraestrutura e mesoestrutura no local, em concreto armado. Devidos aos vãos, e com o objetivo de permitir uma redução de consumo de material as vigas longarinas propostas são protendidas, e devem ser pré-fabricadas, e posteriormente instaladas no local definitivo, as vigas longarinas devem ser içadas e apoiadas através dos pontos previstos em projeto para esse fim. Neste momento também deve ser executada no local as transversinas, que promovem a integração transversal das vigas principais. O tabuleiro proposto é em concreto armado moldado com auxílio de lajes pré-moldadas sobre as quais é colocada uma armadura complementar e realizada a moldagem, no local, da seção final.

O sistema estrutural foi selecionado tendo em vista que sua execução é vastamente difundida e conhecida no território nacional. E também supre as necessidades relativas à durabilidade e estabilidade deste tipo de obra, associado a um custo reduzido.

O terreno nas proximidades do local de implantação da OAE apresenta características topográficas mais suaves, sem grandes desníveis como pode ser visto nas curvas de nível do projeto.

As seguintes características técnicas foram consideradas na elaboração do traçado da linha geral de projeto:

- Classe da rodovia: Classe I – B (classificação do DNIT);

-
- Velocidade diretriz de projeto: 80 km/h;
 - Veículo de Projeto: CA (distância entre eixos equivalentes = 9,68 m);
 - Raio Mínimo de Curva Horizontal: 230 m;
 - Superelevação máxima: 8%;
 - Gabarito vertical de OAE's: 5,5 m.

4.7.2. Viaduto Cruzmaltina.

A estrutura tem uma extensão total de aproximadamente 53 metros, incluindo as transições e largura 22 metros. O tabuleiro é dividido em três segmentos, apoiados sobre nove vigas cada. As vigas extremas tem um vão de 8,2 e 7,7 metros, e a viga central tem um vão de 26,5 metros. O terreno nas proximidades do local de implantação da OAE apresenta características topográficas mais suaves, sem grandes desníveis como pode ser visto nas curvas de nível do projeto.

O sistema estrutural adotado foi de concreto armado e concreto protendido para as vigas longitudinais. O tabuleiro em concreto armado se apoia sobre as vigas, que por sua vez transmitem suas cargas as travessas, através de aparelhos de apoio em neoprene fretado. As travessas nos encontros do viaduto se apoiam direto sobre os blocos de fundação e as travessas intermediárias, estão sobre pilares de seção circular. A fundação de toda a estrutura é em bloco de coroamento sobre estacas metálicas. Os detalhes de cada elemento podem ser vistos no projeto estrutural. Os carregamentos impostos para o dimensionamento da estrutura foram, o peso próprio dos elementos estruturais, carga referente ao asfalto considerando uma eventual camada de recapeamento, carga relativa a barreira lateral, ação do vento e ação proveniente do tráfego, representada pelo trem tipo TB450.

Figura 28: Vista em planta da estrutura;

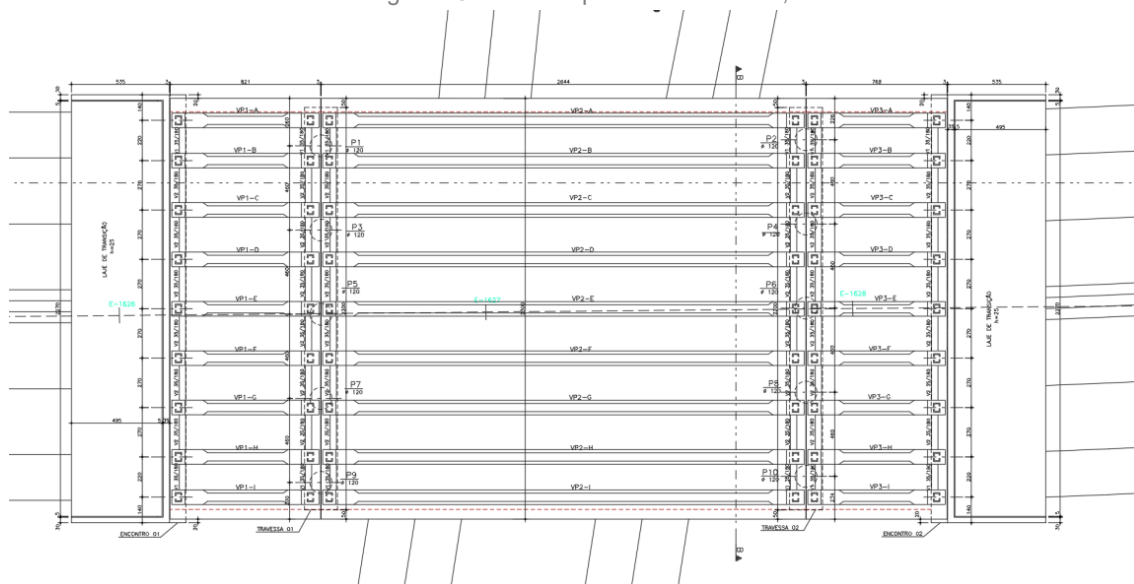
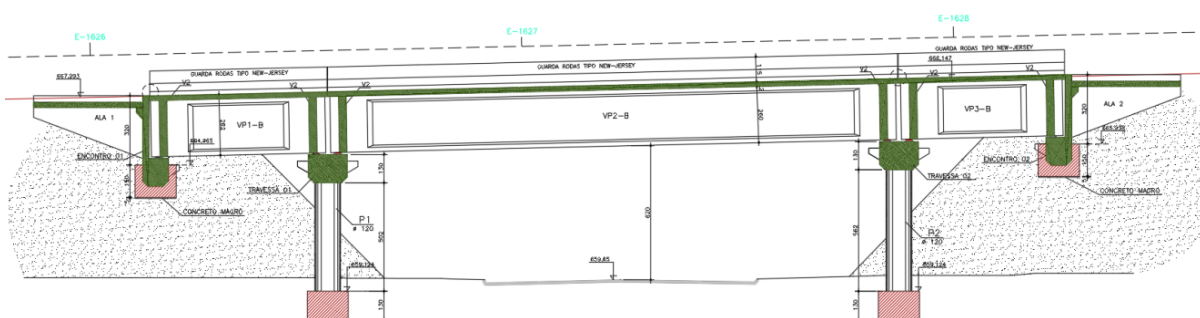


Figura 29: Vista longitudinal da estrutura



A concepção da estrutura considera a moldagem da infraestrutura e mesoestrutura no local, em concreto armado. Devidos aos vãos, e com o objetivo de permitir uma redução de consumo de material as vigas longarinas propostas são protendidas, e devem ser pré-fabricadas, com pós protensão aderente, e posteriormente instaladas no local definitivo, neste momento também deve ser executada no local as transversinas, que promovem a integração transversal das vigas principais. As vigas longarinas devem ser içadas e apoiadas através dos pontos previstos em projeto para esse fim. O tabuleiro proposto é em concreto armado moldado com auxílio de lajes pré-moldadas sobre as quais é colocada uma armadura complementar e realizada a moldagem, no local, da seção final. O sistema estrutural foi selecionado tendo em vista que sua execução é vastamente difundida e conhecida no território nacional. E também supre as necessidades relativas à durabilidade e estabilidade deste tipo de obra, associado a um custo reduzido.

As seguintes características técnicas foram consideradas na elaboração do traçado da linha geral de projeto:

- Classe da rodovia: Classe I – B (classificação do DNIT);
- Velocidade diretriz de projeto: 80 km/h;
- Veículo de Projeto: CA (distância entre eixos equivalentes = 9,68 m);
- Raio Mínimo de Curva Horizontal: 230 m;
- Superelevação máxima: 8%;
- Gabarito vertical de OAE's: 5,5 m;

4.7.3. Entroncamento com PR-453

Este documento apresenta as considerações de projeto e dimensionamento do viaduto a ser implantado no entroncamento com a PR453, na estaca 2008 do eixo principal. A estrutura tem uma extensão total de aproximadamente 56 metros e largura 14 metros. O tabuleiro é dividido em três segmentos, apoiados sobre cinco vigas cada.

O sistema estrutural adotado foi de concreto armado e concreto protendido para as vigas longitudinais. O tabuleiro em concreto armado se apoia sobre as vigas, que por sua vez transmitem suas cargas as travessas, através de aparelhos de apoio em neoprene fretado. As travessas nos encontros do viaduto se apoio direto sobre os blocos de fundação e as travessas intermediárias, estão sobre três pilares de seção circular cada. A fundação de toda a estrutura é em bloco de coroamento sobre estacas tipo raiz. Os detalhes de cada elemento podem ser vistos no projeto estrutural

Figura 30: Vista em planta da estrutura.

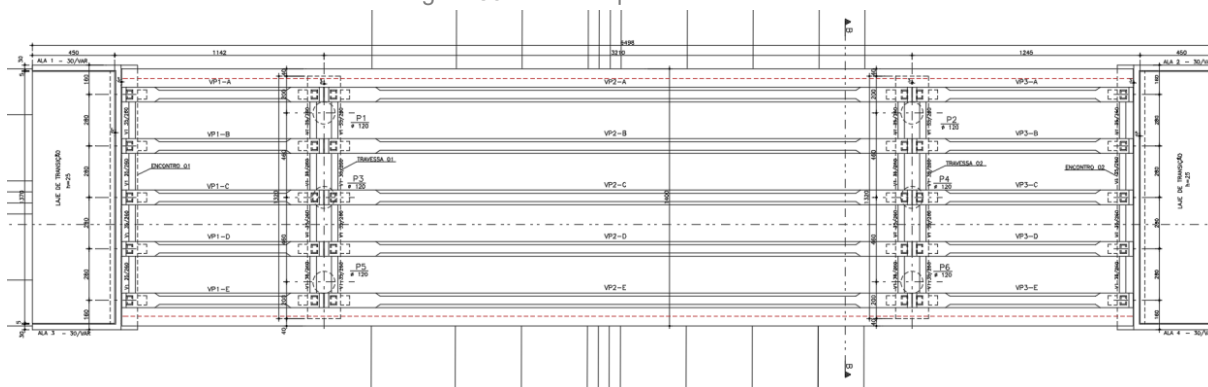
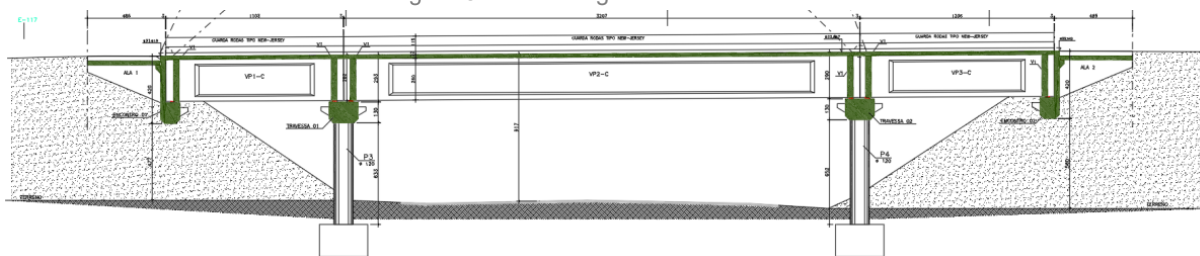


Figura 31: Vista longitudinal da estrutura.



A concepção da estrutura considera a moldagem da infraestrutura e mesoestrutura no local, em concreto armado. Devidos aos vãos, e com o objetivo de permitir uma redução de consumo de material as vigas longarinas propostas são protendidas, e devem ser pré-fabricadas, e posteriormente instaladas no local definitivo, neste momento também deve ser executada no local as transversinas, que promovem a integração transversal das vigas principais. O tabuleiro proposto é em concreto armado moldado com auxílio de lajes pré-moldadas sobre as quais é colocada uma armadura complementar e realizada a moldagem, no local, da seção final. O sistema estrutural foi selecionado tendo em vista que sua execução é vastamente difundida e conhecida no território nacional. E também supre as necessidades relativas à durabilidade e estabilidade deste tipo de obra, associado a um custo reduzido.

As seguintes características técnicas foram consideradas na elaboração do traçado da linha geral de projeto:

- Classe da rodovia: Classe I – B (classificação do DNIT);
- Velocidade diretriz de projeto: 80 km/h;
- Veículo de Projeto: CA (distância entre eixos equivalentes = 9,68 m);
- Raio Mínimo de Curva Horizontal: 230 m;
- Superelevação máxima: 8%;
- Gabarito vertical de OAE's: 5,5 m;

4.8. ANTEPROJETO DE SINALIZAÇÃO

4.8.1. Introdução

A presente seção refere-se ao **Anteprojeto de Sinalização e Dispositivos de Segurança**, atinente ao Projeto de Restauração e Ampliação de Capacidade da Rodovia Estadual PR-272, no trecho compreendido entre os marcos quilométricos 199,830 e 254,640, totalizando uma extensão de 54,810 km.

À vista disso, impende destacar que o aludido segmento rodoviário apresenta características técnicas compatíveis com uma rodovia de *Classe I*, porém com deficiências geométricas que comprometem o atendimento aos parâmetros estabelecidos pelo *Manual de Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários* (IPR-726), do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Nesse contexto, o plano funcional propõe a readequação geométrica da rodovia, de modo a assegurar a conformidade com os requisitos definidos para a *Classe IB*.

Diante do exposto, apresentam-se, a seguir, definições técnicas com o propósito de recapitular os fundamentos teóricos pertinentes à temática discorrida.

4.8.2. Sinalização e Segurança Viária

Os anteprojetos de sinalização viária e dispositivos de segurança foram elaborados com o objetivo de assegurar condições adequadas de segurança viária, bem como fornecer informações claras e precisas aos usuários da rodovia.

O referido anteprojeto contempla os seguintes elementos: sinalização horizontal, sinalização vertical, dispositivos auxiliares e dispositivos de segurança.

Para a sua elaboração, foram observadas as diretrizes e recomendações estabelecidas nos documentos normativos a seguir:

- Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume I (CONTRAN, 2007);
- Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume II (CONTRAN, 2007);
- Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume III (CONTRAN, 2014);e
- Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume IV (CONTRAN, 2007).

A Rodovia Estadual PR-272, no trecho compreendido entre os km 199,83 e 254,40, apresenta, nas seções em estudo, velocidades de operação médias em torno de 80 km/h. Para o dimensionamento da sinalização dos terminais de entrada e saída, foram consideradas

as velocidades adotadas na via principal, bem como as velocidades específicas de cada trecho de via marginal previsto em projeto, variando entre 60 km/h e 40 km/h, conforme indicado nas plantas do projeto

Nos trechos onde não haverá implantação de novo pavimento, procedeu-se à verificação da sinalização existente, com posterior dimensionamento de nova sinalização, buscando-se minimizar impactos sobre o sistema viário atual.

4.8.3. Sinalização Horizontal

A sinalização horizontal tem como principal finalidade organizar e orientar o fluxo de veículos, por meio da aplicação de marcas viárias no pavimento, conforme critérios técnicos estabelecidos por normativas vigentes. Essa sinalização transmite informações regulamentares, de advertência ou de orientação, sem a necessidade de desviar a atenção do condutor da via, contribuindo significativamente para a segurança e a fluidez do tráfego.

Constitui-se, essencialmente, de faixas longitudinais — contínuas ou seccionadas — aplicadas sobre a superfície de rolamento, associadas, quando necessário, à pintura de símbolos, legendas e outras marcas transversais ou complementares. Tais elementos visuais são projetados para assegurar a delimitação de fluxos, reforçar a percepção de prioridade e reforçar comandos previamente indicados pela sinalização vertical, promovendo um ambiente viário mais previsível e seguro.

Para a definição do tipo, layout, cores e dimensões das marcas viárias, foram adotadas as diretrizes estabelecidas no *Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume IV* (CONTRAN, 2007), bem como demais normas técnicas correlatas aplicáveis ao contexto da intervenção.

4.8.3.1. CLASSIFICAÇÃO

A sinalização horizontal pode ser classificada em quatro categorias principais, conforme sua função operacional e o tipo de informação transmitida aos usuários da via:

- **Marcas longitudinais:** constituem-se de linhas aplicadas longitudinalmente ao eixo da pista, cuja função é regulamentar ou orientar a circulação dos veículos. As **linhas contínuas** possuem caráter regulamentador, restringindo manobras como ultrapassagens e mudanças de faixa. Já as **linhas seccionadas** indicam permissão para tais movimentos, servindo como elementos de organização do fluxo veicular;
- **Marcas de canalização:** têm como finalidade reorganizar o trajeto natural dos veículos em situações específicas, como interseções, bifurcações, estreitamentos de

pista ou presença de obstáculos. Essas marcas orientam o condutor por meio de elementos visuais de fácil interpretação, permitindo a leitura rápida do caminho adequado a ser seguido;

- **Marcas transversais:** são aplicadas perpendicularmente ao eixo da via e têm como objetivo ordenar os deslocamentos frontais dos veículos, especialmente em situações de cruzamentos, travessias de pedestres, pontos de parada obrigatória e interseções. Exercem papel fundamental na segurança de usuários vulneráveis e na coordenação dos fluxos conflitantes; e
- **Inscrições no pavimento:** compreendem símbolos, setas e legendas pintadas diretamente na superfície da pista, com a função de reforçar mensagens da sinalização vertical ou transmitir comandos específicos, aumentando o grau de percepção e compreensão por parte dos usuários, favorecendo decisões mais seguras e oportunas.

4.8.3.2. DIMENSIONAMENTO

Para o presente projeto, foram adotados critérios de dimensionamento da sinalização horizontal conforme as diretrizes estabelecidas no *Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume IV* (CONTRAN, 2007), com o objetivo de garantir padronização, legibilidade e eficácia na orientação dos usuários. A seguir, apresentam-se os elementos adotados:

- **Linha de Borda (LBO):** implantada nos limites externos e internos da plataforma de rolamento, com a finalidade de delimitar a pista de circulação. Utiliza-se linha contínua, na cor branca, com largura de 15 cm;
- **Linha de Continuidade (LCO):** posicionada no bordo interno da pista, tem como função manter a continuidade visual em trechos onde a LBO é interrompida, como em acessos e saídas. Utiliza-se linha seccionada com padrão 2x2 (2,00 m de segmento pintado e 2,00 m de intervalo), na cor branca, com 15 cm de largura;
- **Linha Simples Seccionada (LMS-2):** utilizada para separação de faixas de trânsito na pista de rolamento. Adota-se padrão seccionado 3x9 (3,00 m de segmento pintado e 9,00 m de intervalo), na cor branca, com largura de 15 cm.
- **Linha de Canalização (LCA):** aplicada para direcionar o tráfego em situações que exigem alteração no alinhamento do fluxo veicular, como em interseções, acessos, obstáculos e estruturas (pontes, por exemplo). Trata-se de linha contínua, na cor branca, com largura de 15 cm.

- **Zebrado de Preenchimento de Área Inutilizável (ZPA):** demarca áreas do pavimento não destinadas à circulação de veículos, reforçando a canalização e contribuindo para o correto posicionamento do condutor na via. A marcação é composta por faixas contínuas na cor branca, com 50 cm de largura, espaçadas em 2,50 m, aplicadas em ângulo de 45° em relação à direção do fluxo de tráfego.
- **Linha de “Dê a Preferência” (LDP):** localizada transversalmente nos acessos à rodovia principal, sinaliza o ponto-limite onde o condutor deve parar, caso necessário. Consiste em linha seccionada com padrão 0,5x0,5 (0,50 m pintados e 0,50 m sem pintura), na cor branca, com largura de 40 cm.
- **Seta Indicativa de Mudança Obrigatória de Faixa (MOF):** utilizada em trechos que exigem alteração de faixa de circulação, como nas faixas de aceleração e desaceleração em interseções e acessos. Adota símbolo na cor branca, com comprimento longitudinal de 7,50 m, dimensionado para velocidades superiores a 80 km/h.
- **Símbolo Indicativo de Interseção com Via Preferencial (SIP):** utilizado para reforçar a sinalização de regulamentação (placa R-2 – “Dê a Preferência”) nos acessos à rodovia principal. O símbolo, na cor branca, possui comprimento longitudinal de 3,60 m, adequado para velocidades de até 60 km/h.

4.8.3.3. MATERIAIS E APLICAÇÃO

A execução da sinalização horizontal deverá utilizar materiais previamente definidos conforme as características funcionais de cada elemento e o tipo de pavimento onde serão aplicados, atendendo às diretrizes do *Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume IV* (CONTRAN, 2007) e demais normas técnicas aplicáveis.

A seguir, especificam-se os materiais a serem empregados:

- **Marcas viárias em geral:** deverá ser empregada tinta à base de resina acrílica em dispersão aquosa (tinta acrílica emulsionada em água), com elevada durabilidade, boa resistência à abrasão e alta retrorrefletância, apropriada para aplicação sobre pavimento flexível. O material deve apresentar boa estabilidade dimensional e secagem rápida, permitindo a liberação segura da pista em curto prazo;
- **Inscrições no pavimento e faixas de travessia de pedestres:** deverão ser executadas com material termoplástico extrudado, aplicado a quente, com espessura mínima conforme especificado em projeto. O termoplástico deve conter microesferas de

vidro incorporadas e em superfície para garantir retrorrefletância imediata e duradoura. Esse tipo de material é indicado para áreas de alta demanda de visibilidade e maior desgaste por tráfego; e

- **Aplicação sobre pavimento rígido (concreto):** nos trechos em que for implantado pavimento em concreto (Linha Geral), a aplicação da sinalização horizontal deverá ser precedida da aplicação de **tinta primer de aderência** compatível com o substrato, de forma a garantir a fixação eficiente da película sinalizadora. Além disso, deverá ser previsto **contraste** (fundo preto ou cinza escuro) nas marcações brancas, a fim de aumentar a visibilidade da sinalização, especialmente sob condições de alta luminosidade natural.

Todos os materiais utilizados deverão possuir certificados de conformidade emitidos por laboratório acreditado, além de atender aos requisitos mínimos de refletância (diurna e noturna), resistência à abrasão, estabilidade à radiação ultravioleta e compatibilidade ambiental.

4.8.4. Sinalização Vertical

A sinalização vertical constitui um dos subsistemas da sinalização viária e compreende a utilização de placas dispostas na posição vertical, implantadas lateralmente à via ou suspensas sobre a faixa de rolamento. Esses dispositivos têm por finalidade transmitir mensagens aos usuários da rodovia por meio de símbolos e/ou legendas padronizadas, estabelecidas legalmente pelos órgãos competentes.

O objetivo principal da sinalização vertical é fornecer informações que induzam comportamentos adequados por parte dos condutores e demais usuários, contribuindo diretamente para a segurança viária, a ordenação dos fluxos de tráfego e a adequada orientação ao longo do percurso.

Além do mais, De acordo com sua função, a sinalização vertical é classificada nos seguintes grupos:

- **Sinalização de Regulamentação:** estabelece obrigações, limitações, proibições ou restrições ao uso da via. O descumprimento de seus preceitos implica infração de trânsito, conforme previsto no Código de Trânsito Brasileiro (CTB);
- **Sinalização de Advertência:** informa ao condutor sobre condições adversas ou potenciais riscos presentes na via ou em suas proximidades, como curvas acentuadas, cruzamentos, travessias de pedestres, escolas, entre outros; e

- **Sinalização de Indicação:** presta informações direcionais, identificações geográficas, turísticas, serviços auxiliares e mensagens educativas, auxiliando os usuários na tomada de decisão ao longo do trajeto.

Noutro passo, os sinais devem ser posicionados de forma a garantir sua perfeita inserção no campo visual do usuário, obedecendo às seguintes diretrizes:

- **Forma, cores, símbolos e mensagens** devem seguir os padrões definidos pelo CONTRAN, assegurando legibilidade, rápida compreensão e padronização;
- **Dimensões tipográficas** (altura e espaçamento das letras e números) devem ser compatíveis com a velocidade operacional da via, permitindo adequada leitura a distância e durante o deslocamento;
- **Retrorefletância:** os materiais devem manter visibilidade tanto em condições diurnas quanto noturnas, através da utilização de películas retrorefletivas tipo II ou superior, conforme a norma ABNR NBR-14.644;
- **Deflexão Horizontal:** todos os sinais implantados lateralmente à via deverão possuir deflexão horizontal entre 3° e 5° em relação à ortogonal do fluxo veicular, a fim de evitar reflexos indesejáveis provenientes de faróis ou incidência solar direta;
- **Inclinação Vertical (Rampas):** em trechos com rampas acentuadas, os sinais deverão ser inclinados para frente ou para trás, conforme o sentido da declividade (ascendente ou descendente), otimizando a visibilidade e refletividade para os condutores; e
- **Sinais Suspensos:** devem igualmente possuir deflexão em relação à vertical entre 3° e 5°, otimizando a visualização frontal pelos motoristas.

Os **padrões de afastamento e gabarito** aplicados à sinalização viária em rodovias obedecem a critérios técnicos definidos com base na segurança operacional e na visibilidade adequada das placas. A distância lateral mínima entre o bordo da placa de sinalização e o bordo externo do acostamento — ou da pista de rolamento, nos casos em que não houver acostamento — deve ser de, no mínimo, **um metro e vinte centímetros (1,20 m)**. Essa medida garante que as placas estejam suficientemente afastadas da via para evitar interferência com o tráfego e, ao mesmo tempo, posicionadas dentro do campo visual dos condutores.

No que se refere ao **gabarito vertical**, ou seja, à altura mínima livre entre a base da placa e o nível do pavimento, os valores variam conforme o tipo de sinalização. Para placas

instaladas diretamente no solo, excetuando-se os marcos quilométricos, a altura mínima do bordo inferior em relação ao pavimento deve ser de **um metro e vinte centímetros (1,20 m)**. Já para os marcos quilométricos, essa altura deve ser de **cinquenta centímetros (0,50 m)**. No caso de placas aéreas ou suspensas sobre a faixa de rolamento, deve-se respeitar um gabarito vertical mínimo de **cinco metros e cinquenta centímetros (5,50 m)**, a fim de garantir a passagem segura de todos os tipos de veículos, inclusive os de grande porte.

As **dimensões das placas** de regulamentação e advertência também variam conforme a hierarquia da rodovia. Em rodovias classificadas como **tronco**, as placas devem ter **um metro (1,00 m)** de diâmetro ou lado, enquanto nas **rodovias marginais**, essas dimensões devem ser reduzidas para **oitenta centímetros (0,80 m)**. Essas especificações visam manter a legibilidade das placas em função da velocidade diretriz e do perfil operacional de cada tipo de rodovia.

Ademais, todos os materiais utilizados na confecção e instalação da sinalização vertical devem estar em conformidade com os requisitos técnicos estabelecidos pela **NBR-14.890 (2020)**, conforme segue:

- Placas de solo de regulamentação, advertência simples e marcadores de alinhamento e perigo: fabricadas em chapa de aço galvanizado tipo #16;
- Demais placas de solo (informativas, educativas, de serviços): chapa de aço galvanizado tipo #18;
- Placas aéreas (suspensas): chapa de alumínio com espessura mínima de 2,00 mm, com estrutura de suporte compatível; e
- Suportes: madeira tratada com seção transversal mínima de 8,0 x 8,0 cm ou perfis metálicos de acordo com as especificações dimensionais das placas e das cargas previstas.

A fixação, nivelamento, alinhamento e concretagem dos suportes deverão seguir os critérios de projeto e as boas práticas construtivas, assegurando estabilidade estrutural, resistência mecânica e longevidade do sistema de sinalização.

4.8.4.1. PELÍCULAS REFLETIVAS PARA PLACAS

As películas refletivas para sinalização vertical são responsáveis pela **retrorefletividade e visibilidade noturna** das placas viárias. Devem atender aos requisitos da **ABNT NBR14.644**, que as classifica conforme sua intensidade luminosa e desempenho.

As principais **classes de películas** são:

- **Classe I (Engenharia):** retrorrefletividade básica, recomendada para áreas urbanas iluminadas.
- **Classe II (Alta Intensidade):** indicada para rodovias com tráfego médio e ambientes com baixa iluminação.
- **Classe III (Grau Diamante ou Muito Alta Intensidade):** exigida em vias de alto volume, trechos críticos ou com visibilidade reduzida.

As películas devem ser aplicadas sobre substrato metálico (preferencialmente alumínio com tratamento anticorrosivo), garantindo **aderência uniforme, durabilidade e resistência a intempéries, abrasão, UV e agentes químicos**.

A **vida útil** das películas varia de **5 a 12 anos**, conforme o tipo e as condições ambientais. A manutenção preventiva inclui **inspeção da retrorrefletividade e integridade física** das placas. Sinais com perda de visibilidade ou danos devem ser substituídos de imediato.

A escolha da classe da película deve considerar classe funcional da via, velocidade diretriz, volume de tráfego (VDM), iluminação pública e condições climáticas locais.

Para **rodovias de classe 0, IA e IB**, a seguir, apresentam-se os parâmetros recomendados para películas retrorrefletivas.

Figura 32: Casos Gerais NBR 16592/2017

CASOS GERAIS

Tipo de Placa	Localização	Tipo de Película Nome comercial (tipo ABNT)
Regulamentação de solo	Fundo/orla Sinal	Alta Intensidade Prismática - AIP (III) Preto legenda (IV)
Advertência de solo	Fundo Sinal	Alta Intensidade Prismática - AIP (III) Preto legenda (IV)
Indicativas de solo	Fundo Legenda/orla	Grau Técnico Prismático - GTP (I) Alta Intensidade Prismática - AIP (III)
Delineadores de curvas (Marcador de Alinhamento) *	Fundo Seta	Preto Legenda (IV) Grau Diamante - GD / Grau Diamante Cúbico – GD3 (X)
Marcador de Obstáculo / Marcador de Perigo *	Fundo Seta	Preto Legenda (IV) Grau Diamante - GD / Grau Diamante Cúbico – GD3 (X)
Regulamentação aérea	Fundo/orla Sinal	Alta Intensidade Prismática – AIP (III) Preto legenda (IV)
Advertência aérea	Fundo Sinal	Alta Intensidade Prismática – AIP (III) Preto legenda (IV)
Indicativas aéreas	Fundo Legenda/orla	Alta Intensidade Prismática – AIP (III) Alta Intensidade Prismática – AIP (III)

* atendem NBR-16592/2017

Figura 33: Exceção: Vias com Iluminação NBR 16592/2017

EXCEÇÃO: VIAS COM ILUMINAÇÃO

Tipo de Sinal	Localização	Tipo de Película Nome comercial (tipo ABNT)
Regulamentação de solo	Fundo/orla Sinal	Alta Intensidade Prismática - AIP (III) Preto legenda (IV)
Advertência de solo	Fundo Sinal	Alta Intensidade Prismática - AIP (III) Preto legenda (IV)
Indicativas de solo	Fundo Legenda/orla	Grau Técnico Prismático - GTP (I) Alta Intensidade Prismática - AIP (III)
Delineadores de curvas (Marcador de Alinhamento) *	Fundo Seta	Preto Legenda (IV) Grau Diamante - GD / Grau Diamante Cúbico – GD3 (X)
Marcador de Obstáculo / Marcador de Perigo *	Fundo Seta	Preto Legenda (IV) Grau Diamante - GD / Grau Diamante Cúbico – GD3 (X)
Regulamentação aérea	Fundo/orla Sinal	Grau Diamante Cúbico – GD3 (X) Preto legenda (IV)
Advertência aérea	Fundo Sinal	Grau Diamante Cúbico – GD3 (X) Preto legenda (IV)
Indicativas aéreas	Fundo Legenda/orla	Alta Intensidade Prismática – AIP (III) Grau Diamante Cúbico – GD3 (X)

* atendem NBR-16592/2017

Figura 34: Utilização de películas retrorrefletivas conforme item 4.4 da NBR 14891/2012

Tabela 1 – Utilização de películas retrorrefletivas em função do tipo de sinal, tipo de via e sua localização – Para classes de rodovias O, IA e IB

Tipo de sinal	Localização	Tipo de película (ABNT NBR 14644)						
		I-A/I-B	II	III	VII	VIII	IX	X
Indicativas terrestres	Fundo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Legenda	X	□	✓	✓	✓	✓	✓
Regulamentação terrestre	Fundo/Orla	X	□	✓	✓	✓	✓	✓
Advertência terrestre	Fundo	X	□	✓	✓	✓	✓	✓
Delineadores de curvas	Seta	X	□	✓	✓	✓	✓	✓
Advertência aérea	Fundo	X	□	□	□	□	✓	✓
Indicativas aéreas	Fundo	X	□	✓	✓	✓	✓	✓
	Legenda	X	□	□	□	□	✓	✓
Regulamentação aérea	Fundo/Orla	X	X	□	□	□	✓	✓
Legenda ✓ indicado □ utilizado com restrição X não é indicado								

4.8.5. Dispositivos Auxiliares

Dispositivos auxiliares de sinalização viária são elementos complementares instalados junto à plataforma da via com a finalidade de reforçar a sinalização convencional, especialmente em condições de visibilidade reduzida, situações de risco ou pontos de atenção operacional. Seu principal objetivo é aumentar a percepção visual e tátil da sinalização,

proporcionando melhor orientação ao condutor quanto ao seu posicionamento na pista e alertando para situações adversas.

São utilizados de forma estratégica, de acordo com o projeto de sinalização horizontal e vertical, e devem atender às normas vigentes e às especificações do *Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume IV* (CONTRAN, 2007).

Dentre os dispositivos auxiliares mais empregados, destacam-se:

- **Tachas retrorrefletivas:** dispositivos de pequena dimensão, geralmente aplicados ao longo das faixas de sinalização horizontal, com função de reforçar a visibilidade noturna e em tempo chuvoso;
- **Tachões:** elementos maiores e mais robustos que as tachas, utilizados para canalização de fluxos, separação de faixas e delimitação física de áreas de circulação;
- **Marcadores de perigo:** dispositivos instalados em pontos críticos como barreiras, curvas acentuadas ou obstáculos fixos, com função de advertência visual intensificada;
- **Marcadores de alinhamento:** utilizados para indicar mudanças de direção ou guiar o traçado da via em condições adversas, especialmente à noite; e
- **Balizadores:** dispositivos verticais flexíveis, retrorrefletivos, utilizados para reforço de canalização, segregação temporária de faixas ou proteção de obstáculos.

4.8.6. Dispositivos de Segurança Viária

Os dispositivos de segurança compreendem sistemas e elementos instalados de forma permanente ao longo das rodovias, interseções, ramos e acessos, com o objetivo de **proteger os usuários da via e mitigar os danos** decorrentes de eventuais saídas de pista ou colisões. Tais dispositivos incluem sistemas de contenção veicular destinados a **impedir atravessamentos de canteiro central, quedas em desníveis acentuados e choques contra obstáculos fixos**, como pilares de obras de arte especiais, postes de iluminação ou arborização.

Todos os elementos foram projetados de acordo com os critérios e exigências definidos na **NBR 15.486 (2016) – Sistemas de Contenção de Veículos – Requisitos e Métodos de Ensaio**.

4.8.6.1. DEFENSA METÁLICA

As defensas metálicas consistem em sistemas longitudinais de contenção flexível, compostos por perfis metálicos galvanizados (geralmente tipo W), dispostos de forma contínua ao longo da plataforma da via. Esses sistemas são projetados para **conter e redirecionar veículos desgovernados**, absorvendo parte da energia cinética por meio da deformação controlada de seus componentes estruturais.

A implantação das defensas deverá seguir os seguintes parâmetros:

- Os postes de sustentação devem ser **cravados no solo** ou fixados em blocos de concreto, garantindo a rigidez necessária;
- As extremidades devem conter **sistemas de ancoragem adequados**, de modo a assegurar a integridade estrutural do conjunto durante um impacto; e
- O sistema especificado corresponde ao modelo **L1AW4**, com **nível de contenção L1** e **espaço de trabalho máximo W4**, conforme classificação da **NBR-15.486 (2016)**.

Nos trechos em que houver **transição entre elementos de contenção de diferentes rigidezes estruturais** (por exemplo, defesa metálica para barreira de concreto), deve-se adotar dispositivos de transição gradual. Assim, será prevista a **transição tripla onda**, com comprimento mínimo de 10,00 metros, de forma a evitar descontinuidades abruptas no desempenho de contenção.

4.8.6.2. BARREIRA DE CONCRETO

As barreiras de concreto são dispositivos de contenção do tipo rígido, projetadas de acordo com a NBR 14.885 (2016) – Barreira Longitudinal de Concreto. Sua função principal é redirecionar veículos desgovernados para a pista de rolamento, minimizando o risco de tombamento ou saída de pista, com níveis de desaceleração compatíveis com a segurança dos ocupantes.

As barreiras previstas seguem o perfil tipo New Jersey, e serão implantadas em segmentos críticos, como pontes, viadutos e zonas com elevado risco lateral.

4.7.6.1 Terminais de contenção

Os terminais são subsistemas integrantes das contenções laterais, com dupla função:

- **Ancorar** mecanicamente o sistema longitudinal (defensa ou barreira); e

-
- **Atenuar os efeitos de impactos frontais**, especialmente em pontos de início ou término de segmentos de contenção.
 - De acordo com as condições operacionais da via (em especial velocidade ≥ 60 km/h), os terminais deverão incorporar mecanismos de **absorção de energia** no sentido do fluxo veicular. Foram previstos os seguintes modelos de terminais:
 - **Terminal Abatido**: composto por lâminas de defesa metálica enterradas diretamente no solo, com extensão mínima de 16,00 m, destinado à ancoragem e atenuação em segmentos de menor risco frontal;
 - **Terminal Chanfrado**: trata-se de um rebaixo gradual no perfil da barreira de concreto até o nível do solo, com 4,00 m de comprimento, utilizado em extremidades expostas; e
 - **Terminal Absorvedor de Energia**: terminal atenuador certificado, com capacidade de dissipação de impacto frontal. Como modelo de referência, foi considerado o sistema **OBEX MT-P4/110**, ou dispositivo equivalente tecnicamente, desde que atenda a um **nível de contenção igual ou superior**.

4.8.7. Especificações de Serviços e Materiais

Todos os serviços e materiais empregados na execução da sinalização viária e dispositivos de segurança deverão atender integralmente às normas técnicas e diretrizes vigentes, com foco na durabilidade, visibilidade, retrorrefletividade, desempenho funcional e segurança operacional.

As especificações adotadas para cada subsistema são descritas a seguir.

4.8.7.1. SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

A sinalização horizontal será executada conforme os critérios estabelecidos nas seguintes normas técnicas:

- **ABNT NBR 13.159:2013** – Sinalização horizontal viária – Requisitos para material termoplástico aplicado por aspersão;
- **ABNT NBR 15.402:2014** – Procedimentos para execução, controle de qualidade e avaliação de desempenho da sinalização horizontal;
- **ABNT NBR 15.482:2013** – Métodos de ensaio para materiais termoplásticos destinados à sinalização horizontal viária; e

- **DNIT 100/2009 – ES** – Diretrizes para execução de sinalização horizontal em obras rodoviárias, no âmbito de segurança do tráfego.

4.8.7.2. SINALIZAÇÃO VERTICAL

As placas de sinalização vertical e seus respectivos elementos estruturais deverão estar em conformidade com as seguintes normas e instruções:

- **ABNT NBR 14.891:2012** – Requisitos para placas de sinalização vertical viária (forma, cor, dimensões, simbologia e materiais);
- **ABNT NBR 14.644:2013** – Requisitos técnicos para películas retrorrefletivas utilizadas na sinalização vertical;
- **ABNT NBR 14.962:2013** – Projeto e implantação de suportes metálicos em aço galvanizado para placas de sinalização; e
- **DNIT 101/2009 – ES** – Procedimentos para instalação e manutenção da sinalização vertical viária em rodovias federais.

4.8.7.3. DISPOSITIVOS AUXILIARES DE SINALIZAÇÃO

Os dispositivos auxiliares, como tachas refletivas, tachões e balizadores, deverão atender aos requisitos definidos na **ABNT NBR 14.636:2013** – Requisitos técnicos e critérios de desempenho para tachas refletivas viárias aplicadas em sinalização horizontal.

4.8.7.4. DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA

Os dispositivos de contenção veicular (defensas metálicas, barreiras de concreto e terminais) devem ser especificados e implantados conforme as diretrizes técnicas e normas a seguir:

- **ABNT NBR 15.486:2016** – Diretrizes para projeto e ensaios de impacto em sistemas de contenção viária (níveis de contenção, rigidez e espaço de trabalho);
- **ABNT NBR 14.885:2016** – Requisitos técnicos para barreiras de concreto aplicadas à segurança no tráfego rodoviário;
- **ABNT NBR 6.971:2012** – Critérios de implantação e requisitos para defensas metálicas; e
- **DER/PR ES-OC 14/18** – Especificação técnica complementar para obras rodoviárias, referente a defensas de concreto (barreiras New Jersey e similares).

4.8.8. Considerações Finais sobre Sinalização e Dispositivos de Segurança

A concepção e o dimensionamento do sistema de sinalização viária e dos dispositivos de segurança ao longo do segmento da Rodovia PR-272, entre os marcos quilométricos 199,830 e 254,640, foram desenvolvidos com base em critérios técnicos normatizados, considerando as condições operacionais da via, o volume de tráfego atual e projetado, bem como os aspectos geométricos e funcionais estabelecidos no anteprojeto de restauração e ampliação de capacidade.

A implantação da sinalização horizontal, vertical e dos dispositivos de segurança visa promover a ordenação do tráfego, garantir a legibilidade e inteligibilidade das informações ao usuário, além de mitigar os riscos associados a situações críticas e minimizar a severidade de possíveis sinistros viários. Ressalta-se a adoção de materiais de alta durabilidade, refletividade e resistência, compatíveis com as condições climáticas e operacionais da rodovia, assegurando a eficiência do sistema ao longo do tempo.

As soluções propostas atendem aos requisitos das seguintes diretrizes técnicas e normativas:

- Manuais Brasileiros de Sinalização de Trânsito – CONTRAN (Volumes I a IV);
- Normas da ABNT aplicáveis à sinalização viária e sistemas de contenção (NBR 15.486, NBR 7.383, NBR 14.644, entre outras); e
- Manuais Técnicos do DNIT, especialmente os IPR-743 (Dispositivos de Segurança), IPR-732 (Projeto Geométrico), IPR-745 (Sinalização Temporária) e IPR-726 (Diretrizes Básicas).

Além disso, os elementos foram implantados com vistas à conformidade com a **Resolução CONTRAN n.º 236/2007**, bem como às mais recentes atualizações normativas no que tange ao dimensionamento e posicionamento dos elementos sinalizadores e dispositivos de contenção.

Por fim, destaca-se que os dispositivos e sinalizações projetados devem ser rigorosamente executados conforme os desenhos e detalhes do projeto garantindo a integridade do sistema, a segurança dos usuários e a conformidade legal do empreendimento. Recomenda-se, ainda, a realização de inspeções periódicas e manutenção corretiva e preventiva do sistema implantado, de modo a assegurar sua funcionalidade ao longo da vida útil da rodovia.

4.9. ANTEPROJETO DE PAISAGISMO

O revestimento vegetal dos taludes resultantes da obra e outras áreas remanescentes é extremamente importante, pois sua função é impedir a formação de processos erosivos e diminuir a infiltração de água na superfície. A função dessa vegetação é de travar os solos a pequenas profundidades (10 a 20 cm) oferecendo uma cobertura mais densa e homogênea possível, o que diminuirá o escoamento da água diretamente sobre o solo.

Foram utilizados como base para determinar as áreas que necessitam do revestimento vegetal o projeto geométrico e dados do projeto de terraplenagem.

Para o projeto de restauração e ampliação de capacidade da rodovia PR-272, foi considerado o serviço de revestimento vegetal pelo processo da hidrossemeadura e enleivamento.

A hidrossemeadura deverá ser utilizada para o revestimento vegetal dos grandes taludes de corte, e as outras áreas, receberão o enleivamento.

4.9.1. Metodologias de Plantio

O plantio de revestimento vegetal poderá ser através de enleivamento ou hidrossemeadura.

Optou-se pela utilização da hidrossemeadura em quase todas as áreas de projeto, devido a rapidez e facilidade da execução do serviço, baixo custo e resultado rápido. A única exceção será o revestimento vegetal das retificações das valas de drenagem, onde deverá ser executado o enleivamento.

A seguir serão detalhadas as metodologias de plantio.

4.9.2. Hidrossemeadura

A hidrossemeadura é um processo de plantio que emprega o uso de equipamentos hidráulicos para dispersar uma massa líquido-pastosa, com sementes, adubo e outros insumos. Esse material é lançado sobre a terra através da utilização de um tanque pulverizador que normalmente é transportado por caminhão ou reboque ao local. O objetivo da aplicação é proporcionar uma cobertura rápida e homogênea da área, com ação imediata na proteção do solo a processos erosivos.

Para a aplicação da hidrossemeadura, deverá ser previsto o preparo de uma mistura contendo adubo, mulch, adesivo e sementes. A mistura de sementes deverá ser composta

por espécies previamente determinadas entre gramíneas e leguminosas, apresentando um valor cultural mínimo. Define-se o valor cultural através da fórmula a seguir:

$$VC = \frac{\%pureza \times \%germ.}{100}$$

As sementes deverão ter sua procedência garantida, ou seja, deverão ser utilizadas apenas sementes com a produção fiscalizada. Estão previstas, nas superfícies hidrossemeadas, duas aplicações de fertilização nitrogenada após a germinação, aos 60 e 120 dias, aproximadamente.

4.9.3. Enleivamento

O enleivamento ou plantio de grama em placas, é o processo em que as leivas ou placas contendo a gramínea, são transplantadas de viveiro ou outro local de extração, para o local de implantação, promovendo a cobertura imediata do solo.

Recomenda-se a utilização da grama tipo Batatais (*Paspalum notatum*), espécie resistente e rústica, com aspecto estético agradável e maior facilidade na obtenção de mudas. As placas de grama devem apresentar tamanho uniforme, não podem apresentar espécies invasoras.

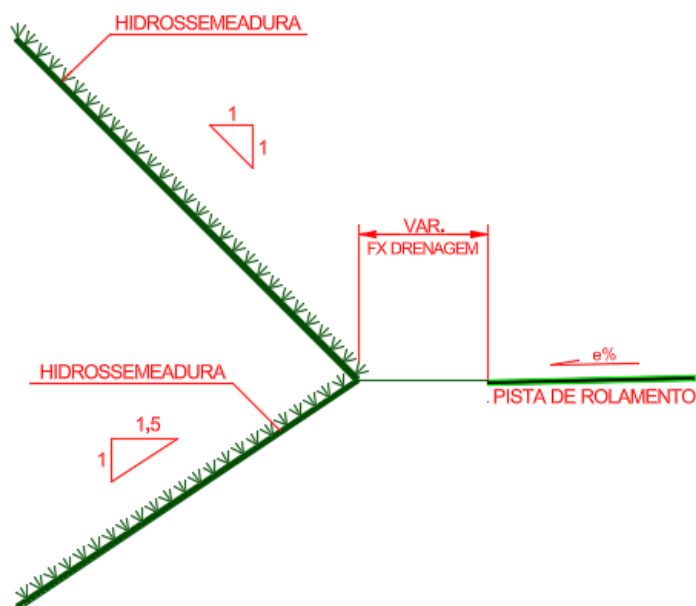
Inicialmente procede-se o preparo do solo, com a limpeza e a aplicação de cerca de 10 cm de terra preta sobre o terreno, para posterior colocação das placas de grama. Pode ser necessário a aplicação e incorporação de adubos e corretivos no solo. As placas serão plantadas lado a lado, sem deixar espaço livre entre uma placa e outra.

Para a fixação das placas deverá ser utilizada de 4 a 5 estacas de madeira posicionadas nas extremidades e centro da leiva, cravadas no terreno cerca de 15 cm. Em terrenos planos não é necessário o cravamento das placas. Após a implantação das placas deverá ser executada uma cobertura com terra vegetal e irrigação.

4.9.3.1. DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS COM REVESTIMENTO VEGETAL

Para a delimitação das áreas dos taludes foi considerado um metro a mais da crista e pé dos taludes de projetos. Foram obtidas a soma das áreas dos polígonos horizontais na planta e então multiplicadas pelo fator de inclinação conforme as tabelas apresentadas e na memória de cálculo. As áreas da hidrossemeadura e do enleivamento são apresentadas com cores distintas na planta do projeto de paisagismo.

Figura 35: Seção tipo de proteção de talude com revestimento vegetal



4.9.4. Fator de cálculo e quantidades

Na quantificação das áreas de revestimento vegetal em taludes de cortes e aterros, considerou-se um metro a mais, além do pé e da crista, para proporcionar a revegetação de todas as áreas atingidas pela obra. As áreas foram obtidas a partir do projeto geométrico, obtendo-se o polígono horizontal dos taludes e outras áreas. Esses valores foram multiplicados pelos fatores correspondentes das inclinações de corte (1:1) e aterro (1,5:1). A seguir são apresentados esses cálculos.

Figura 36: Fator de Multiplicação para Taludes

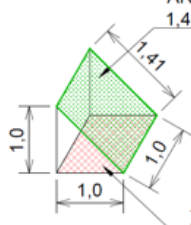
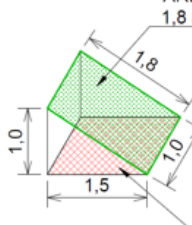
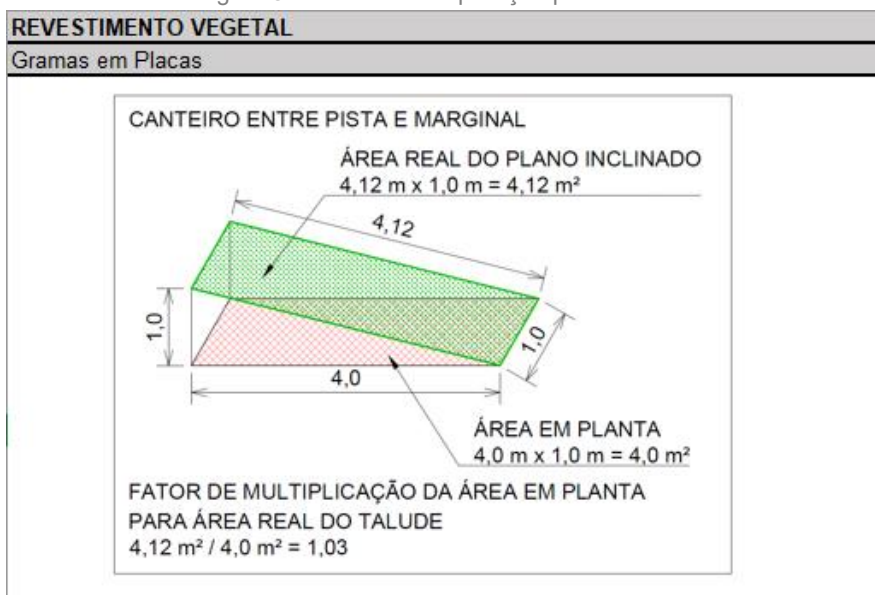
REVESTIMENTO VEGETAL	
Hidrossemeadura	
TALUDES DE CORTE 1:1 ÁREA REAL DO PLANO INCLINADO $1,41 \text{ m} \times 1,0 \text{ m} = 1,41 \text{ m}^2$  ÁREA EM PLANTA $1,0 \text{ m} \times 1,0 \text{ m} = 1,0 \text{ m}^2$ FATOR DE MULTIPLICAÇÃO DA ÁREA EM PLANTA PARA ÁREA REAL DO TALUDE $1,41 \text{ m}^2 / 1,0 \text{ m}^2 = 1,41$	TALUDES DE ATERRO 1,5:1 ÁREA REAL DO PLANO INCLINADO $1,8 \text{ m} \times 1,0 \text{ m} = 1,8 \text{ m}^2$  ÁREA EM PLANTA $1,5 \text{ m} \times 1,0 \text{ m} = 1,5 \text{ m}^2$ FATOR DE MULTIPLICAÇÃO DA ÁREA EM PLANTA PARA ÁREA REAL DO TALUDE $1,8 \text{ m}^2 / 1,5 \text{ m}^2 = 1,20$

Figura 37: Fator de multiplicação para canteiros



4.10. ANTEPROJETO DE OBRAS COMPLEMENTARES

O presente documento denominado **Projeto de Obras Complementares**, item pertencente ao Projeto de restauração e ampliação de capacidade da rodovia PR-272 entre o entroncamento com a BR-376, no km 199,83 e o entroncamento com a PR-466, km 254,64, denominado Lote 03 – Mauá da Serra a Porto Ubá, totalizando 54,81 km de extensão.

O Lote 03 será dividido em 03 (três) trechos:

- Subtrecho 01: Início no entroncamento com a BR-376 (exclusive) até a interseção com o Acesso II de Faxinal (inclusive interseção), totalizando 18,32 km de extensão. (SRE's 272S0250PRC; 272S0270PRC);
- Subtrecho 02: Início no Acesso II de Faxinal (exclusive interseção) até o entroncamento com a PR-453, para Borrazópolis (exclusive interseção), totalizando 21,47 km de extensão. (SRE's 272S0280PRC, 272S0290PRC e 272S0300PRC).
- Subtrecho 03: Início no entroncamento com a PR-453 (inclusive interseção) até o entroncamento com a PRC-466, em Porto Ubá (inclusive interseção), totalizando 15,02 km de extensão. (SRE's 272S0310PRC e 272S0320PRC).

4.10.1. Referências Consultadas

- DNIT 099/2009 - ES - Obras Complementares – Cercas de arame farpado.
- DNIT 020/2006 - ES - Drenagem - Meios-fios e guias.

4.10.2. Relação de Dispositivos Projetados

4.10.2.1. CALÇADAS E MEIOS-FIOS

As calçadas são elementos fundamentais no tecido urbano, oferecendo um espaço dedicado ao deslocamento seguro e eficiente dos pedestres. Ao longo das ruas e avenidas, as calçadas proporcionam um ambiente acessível para pessoas de todas as idades e habilidades, promovendo a mobilidade pedestre.

Quadro 74: Relação de Calçadas e Meios-fios

	DESCRIÇÃO	ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	LADO	EXTENSÃO MEIO-FIO (m)
Subtrecho 01	PASSEIO 01	836+17,09	874+0,00	Esquerdo	765,7366
	PASSEIO 02	840+0,00	846+0,00	Esquerdo	135,2984
	PASSEIO 03	841+8,55	933+0,00	Direito	1938,2253
	PASSEIO 04	873+13,00	937+0,00	Esquerdo	1377,7297
	PASSEIO 05	931+0,00	934+6,67	Direito/Esquerdo	159,6477
	PASSEIO 06	932+16,12	949+17,88	Direito	423,9226

	DESCRIÇÃO	ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	LADO	EXTENSÃO MEIO-FIO (m)
	PASSEIO 07	934+11,24	938+0,00	Direito/Esquerdo	148,6965
	PASSEIO 08	936+0,00	950+0,00	Esquerdo	377,3923
Subtrecho 02	PASSEIO 01	1418+18,21	1424+18,19	Direito	120,09
	PASSEIO 02	1427+2,80	1430+11,58	Esquerdo	70,8
	PASSEIO 03	1615+8,58	1616+7,12	Direito	19,73
	PASSEIO 04	1617+4,24	1626+10,45	Direito	196,3
	PASSEIO 05	1619+17,50	1621+8,51	Esquerdo	32,41
	PASSEIO 06	1621+15,89	1624+7,69	Esquerdo	53,95
	PASSEIO 07	1624+11,16	1634+6,75	Dir./Esq.	327,86
	PASSEIO 08	1624+16,94	1636+19,64	Esquerdo	273,55
	PASSEIO 09	1626+18,33	1642+0,00	Direito	314,32
	PASSEIO 10	1627+5,72	1638+14,67	Dir./Esq.	350,34
	PASSEIO 11	1636+8,97	1636+15,03	Esquerdo	37,95
	PASSEIO 12	1637+0,00	1642+2,35	Esquerdo	117,66
	PASSEIO 13	1643+3,41	1653+16,63	Esquerdo	213,87
	PASSEIO 14	1642+12,28	1662+4,19	Direito	377,35
	PASSEIO 15	1654+9,51	1668+18,77	Esquerdo	290,44
	PASSEIO 16	1662+15,91	1669+4,49	Direito	129,37

4.10.2.2. RAMPAS DE ACESSIBILIDADE

As rampas de acesso em calçadas são elementos importantes para garantir a acessibilidade e a mobilidade de todas as pessoas, incluindo aquelas com deficiência física, idosos, pais com carrinhos de bebê e outros. Essas rampas são especialmente projetadas para facilitar uma transição suave entre o nível da rua e o nível elevado da calçada.

Quadro 75: Relação de Rampas de Acessibilidade

LOCALIZAÇÃO				QUANTIDADE (un)
EIXO	ESTACA	LADO		
Subtrecho 01	PRINICIPAL	843+1,10	Esquerdo	2,00
	PRINICIPAL	843+4,25	Esquerdo	1,00
	PRINICIPAL	844+1,47	Direito	1,00
	PRINICIPAL	931+15,16	Direito	1,00
	PRINICIPAL	931.16,17	Direito	1,00
	PRINICIPAL	932+10,37	Esquerdo	1,00
	PRINICIPAL	932+11,82	Esquerdo	1,00
	PRINICIPAL	935+19,49	Direito	1,00
	PRINICIPAL	936+0,00	Direito	1,00
	PRINICIPAL	937+6,22	Esquerdo	1,00
Subtrecho 02	PRINICIPAL	937+7,37	Esquerdo	1,00
	PRINCIPAL	1421+11,93	Direito	1,00
	PRINCIPAL	1428+0,00	Esquerdo	1,00
	PRINCIPAL	1616+6,04	Direito	1,00

	LOCALIZAÇÃO			QUANTIDADE (un)
	EIXO	ESTACA	LADO	
	PRINCIPAL	1617+6,97	Direito	1,00
	PRINCIPAL	1621+7,52	Esquerdo	1,00
	PRINCIPAL	1621+17,04	Esquerdo	1,00
	PRINCIPAL	1624+6,12	Esquerdo	1,00
	PRINCIPAL	1624+18,07	Direito	1,00
	PRINCIPAL	1624+18,80	Esquerdo	1,00
	PRINCIPAL	1625+2,57	Direito	1,00
	PRINCIPAL	1626+9,21	Direito	1,00
	PRINCIPAL	1626+19,87	Direito	1,00
	PRINCIPAL	1628+12,56	Direito	1,00
	PRINCIPAL	1628+14,85	Direito	1,00
	PRINCIPAL	1633+13,53	Esquerdo	1,00
	PRINCIPAL	1633+18,27	Esquerdo	1,00
	PRINCIPAL	1633+19,13	Esquerdo	1,00
	PRINCIPAL	1634+3,06	Esquerdo	1,00
	PRINCIPAL	1636+5,75	Esquerdo	1,00
	PRINCIPAL	1636+11,87	Esquerdo	1,00
	PRINCIPAL	1636+13,70	Esquerdo	1,00
	PRINCIPAL	1637+1,48	Esquerdo	1,00
	PRINCIPAL	1638+1,31	Esquerdo	1,00
	PRINCIPAL	1638+1,48	Esquerdo	1,00
	PRINCIPAL	1641+15,45	Direito	1,00
	PRINCIPAL	1642+0,47	Esquerdo	1,00
	PRINCIPAL	1643+4,56	Esquerdo	1,00
	PRINCIPAL	1643+13,76	Direito	1,00
	PRINCIPAL	1653+16,37	Esquerdo	1,00
	PRINCIPAL	1654+10,57	Esquerdo	1,00
	PRINCIPAL	1662+3,18	Direito	1,00
	PRINCIPAL	1662+17,41	Direito	1,00

4.10.2.3. PONTOS DE ÔNIBUS

Os abrigos para paradas de ônibus são dispositivos constituídos por placas pré-moldadas de concreto armado, dispostos ao longo da via, próximos a áreas povoadas, visando abrigar os usuários das intempéries no período de espera do transporte e, ao mesmo tempo, definindo locais para embarque e desembarque de passageiros

Quadro 76: Relação de Pontos de Ônibus

	LOCALIZAÇÃO		QUANTIDADE
	ESTACA	LADO	
Subtrecho 01	843+0,00	LE	1
	844+8,63	LD	1

Subtrecho 02	1421+18,15	Direito	1
	1427+12,79	Esquerdo	1

4.10.2.1. CERCAS

As cercas são os dispositivos delimitadores da faixa de domínio de uma rodovia, e devem ser implantadas ao longo dela, exceto nas travessias de grandes cursos d'água, entroncamento com outras estradas, perímetros urbanos e nos pontos em que julgadas desnecessárias.

As cercas são constituídas de mourões de suporte, mourões esticadores, mourões de escoras e de quatro fios de arame farpado, conforme projeto apresentado nos desenhos do projeto de Obras Complementares. A implantação de cercas deve seguir a especificação de serviço DNIT-ES 099/2009.

Os mourões de madeira de suporte, esticadores e escoras devem receber tratamento para prevenção, conforme fixado na norma DNER-EM 033/094.

O arame farpado deve ter as características conforme fixado na norma DNER-EM 366/97.

Quadro 77: Relação de Cercas a Implantar

Cercas a Implantar					
	LOCALIZAÇÃO				EXTENSÃO (m)
	DESAPROPRIAÇÃO/ REGULARIZAÇÃO	ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	LADO	
Subtrecho 01	CERCA 01	861+7,60	889+6,59	Direito	563,8385
	CERCA 02	922+6,50	932+8,00	Direito	298,0182
	CERCA 03	927+0,00	936+14,00	Esquerdo	247,9713
	CERCA 04	933+13,00	938+2,00	Direito	163,8586
	CERCA 05	936+10,00	941+5,00	Esquerdo	176,1489
Subtrecho 02	CERCA 01	1422+3,50	1425+15,50	Esquerdo	93,79
	CERCA 02	1424+8,00	1426+1,00	Esquerdo	56,02
	CERCA 03	1427+6,50	1430+19,00	Direito	73,52
	CERCA 04	1435+5,50	1447+0,00	Direito	230,73
	CERCA 05	1621+15,50	1637+9,00	Direito	332,36
	CERCA 06	1625+11,50	1636+16,00	Esquerdo	269,85
	CERCA 07	1637+7,00	1637+14,00	Esquerdo	24,75
	CERCA 08	1889+5,00	1916+16,00	Esquerdo	582,27
	CERCA 09	1917+10,50	1925+11,00	Esquerdo	168,25
Subtrecho 03	CERCA 01	2001+2,00	2026+5,00	Esquerdo	532,23
	CERCA 02	2001+3,00	2006+13,00	Direito	213,84
	CERCA 03	2004+12,00	2017+12,00	Direito	348,92

Cercas a Implantar				
LOCALIZAÇÃO				EXTENSÃO (m)
DESAPROPRIAÇÃO / REGULARIZAÇÃO	ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	LADO	
CERCA 04	2008+12,00	2017+2,50	Direito	404,43
CERCA 05	2026+5,00	2026+18,00	Esquerdo	46,19
CERCA 06	2414+2,00	2450+13,00	Esquerdo	707,49
CERCA 07	2452+4,00	2476+14,00	Esquerdo	522,19
CERCA 08	2732+1,00	2799+4,00	Esquerdo	1.352,73

Quadro 78: Relação de Cercas a Remover

Cercas a Remover					
LOCALIZAÇÃO					EXTENSÃO (m)
	DESAPROPRIAÇÃO / REGULARIZAÇÃO	ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	LADO	
Subtrecho 02	CERCA 01	1432+2,01	1434+3,81	Direito	42,56
	CERCA 02	1434+7,79	1435+7,96	Direito	43,1
	CERCA 03	1435+8,28	1449+11,85	Direito	332,73
Subtrecho 03	CERCA 01	2349+4,45	2359+17,03	Esquerdo	269,21
	CERCA 02	2781+6,69	2791+5,93	Esquerdo	244,96

4.10.2.1. GUIA REBAIXADA

Quadro 79: Relação de Guias rebaixadas

LOCALIZAÇÃO				EXTENSÃO (m)
	EIXO	ESTACA	LADO	
Subtrecho 01	2000	2130+7,55	Direito	10
	2000	2129+0,37	Direito	10
	2000	2125+1,25	Direito	7
	2000	2118+5,00	Direito	7
	2000	2116+10,51	Direito	14
	2000	2113+0,53	Direito	7
	2000	2110+4,41	Direito	7
	2000	2108+4,37	Direito	10
	2000	2102+12,59	Direito	10
	1000	1008+3,34	Direito	10
	1000	1020+13,28	Direito	7
	1000	1021+12,74	Direito	7
	1000	1030+12,68	Direito	7
	1000	1032+2,70	Direito	10
	EIXO PRINCIPAL	897+18,80	Direito	7
	EIXO PRINCIPAL	912+7,73	Direito	10
	2000	2044+19,23	Direito	10
	2000	2018+15,70	Direito	10



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA
RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



	LOCALIZAÇÃO			EXTENSÃO (m)
	EIXO	ESTACA	LADO	
	2000	2016+3,17	Direito	7
Subtrecho 02	200	216+5	Direito	7
	200	215+15	Direito	7
	2000	2028+15	Direito	7
	2000	2028+0	Direito	7
	1000	1042+10	Direito	7
	1000	1047+10	Direito	10
	1000	1050+10	Direito	14
	1000	1052+5	Direito	10
	1000	1053+15	Direito	10
	1000	1054+10	Direito	7
	1000	1056+0	Direito	10

4.11. ANTEPROJETO DE CONTENÇÕES

O projeto de contenções compreende a implantação de muros de peso para a contenção de taludes de terraplenagem.

4.11.1. Referências Consultadas

- Norma NBR 6118:2023
- Norma e NBR 8681:2003

4.11.2. Muros de Contenção de Aterro em "L"

Para subsidiar acesso as propriedades lindeiras na margem esquerda da PR-272, foi projetada uma via marginal na lateral da rodovia. Mas pelo relevo topográfico as elevações entre a rodovia e marginal tiveram que sofrer um desnível de até 2,50m, desta forma sendo necessário a implantação de uma obra de contenção para contém o aterro da marginal projetada.

Se optou por desenvolve o projeto com uma solução de muro de flexão devido a verticaliza de exigida para a geometria das paredes, e por ser de fácil e rápida execução.

A faixa de segurança externa da rodovia está projetada com uma largura de 2,50m e na marginal o topo do muro se encontra sobre a calçada, tendo além deste recuo uma faixa de segurança totalizando um recuo da 2,00m da faixa de circulação.

Figura 38: Faixa de Segurança da Geometria

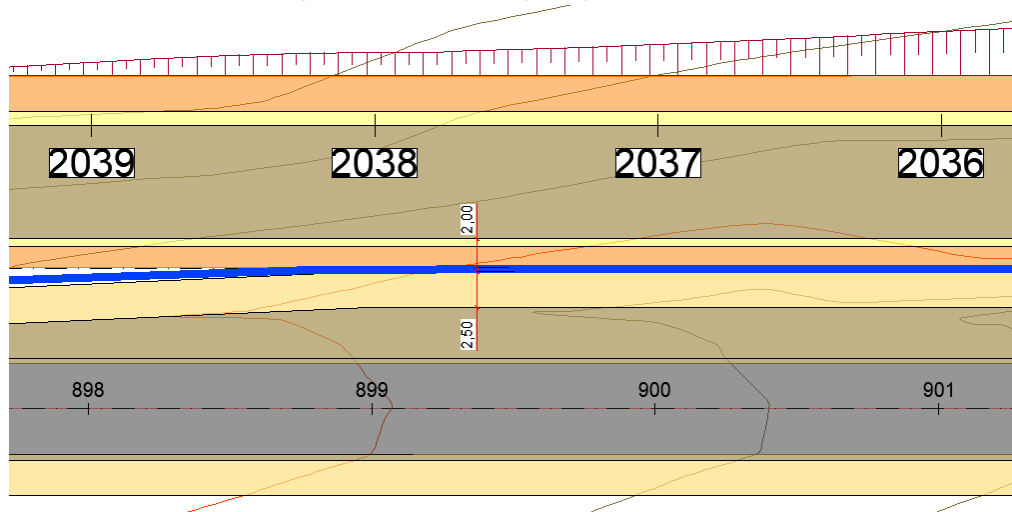


Figura 39: Verificação do desnível entre pistas



Para a contenção das laterais dos aterros no seguinte seguimento:

- - Est. 875+0,00 a Est. 918+0,00 (LE).

Devido a configuração geométrica do segmento indicamos como alternativa para solucionar a situação em questão, a execução de um muro de contenção para impedir que o aterro da Marginal 2000 invada a pista principal da PR-272.

A geometria do muro foi determinada a partir da análise individual de cada seção e de análise conjunta das soluções adotadas para cada seção.

Para garantir as exigências de segurança o muro deverá ser implantado em formato “L”, com alturas de 1,40m e de 2,50m.

Para o dimensionamento estrutural do muro, foram adotadas as seguintes premissas de projeto:

4.11.2.1. Materiais

- Concreto armado C25
- Armadura CA-50

4.11.2.2. CARGAS

- Peso específico do concreto
- Sobrecarga 15 kN/m²

Todo o dimensionamento foi realizado de acordo com as prescrições das normas NBR 6118:2023 e NBR 8681:2003, supracitadas.

4.11.3. Detalhe Tipo da Contenção

Figura 40: Detalhe Muro de 1,40 metros de altura

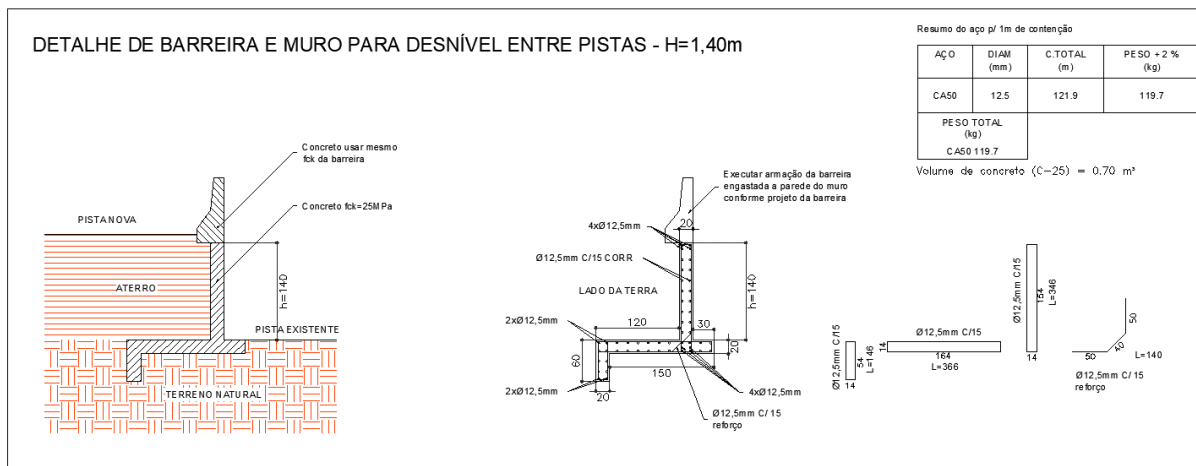
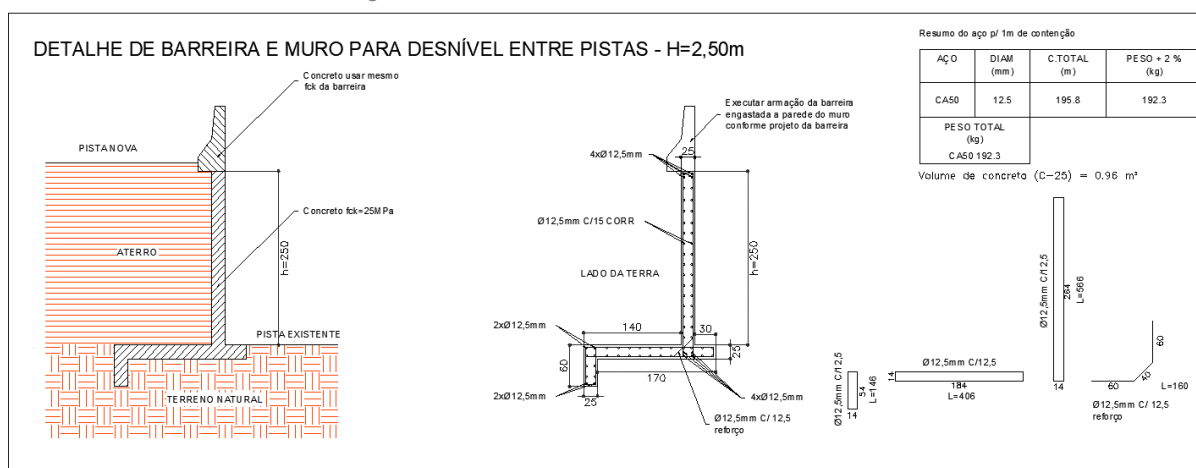


Figura 41: Detalhe Muro de 2,50 metros de altura



4.11.4. Memória de Cálculo Estrutural – Muro em “L” h= 1,40

Para o cálculo e dimensionamento do muro de arrimo foram consideradas as cargas do peso próprio do muro e da sua base, o peso do material do talude sobre uma das abas da base do muro e também o empuxo resultante do talude no muro. Também foram consideradas essas cargas e esforços para as verificações de tombamento e escorregamento do muro.

4.11.4.1. MATERIAIS E NORMAS

- Estruturas de concreto: NBR 6118-2023
- Fator parcial para concreto: 1,40
- Circle pile shear: simplified method

4.11.4.2. ANÁLISE DE MURO

- Metodologia de verificação: Fatores de segurança
- Cálculo do empuxo de terra ativo: Coulomb
- Cálculo do empuxo de terra passivo: Mazindrani (Rankine)
- Forma da cunha de terra: Cálculo com inclinação
- Avanço da fundação: O avanço da fundação é considerado como sapata inclinada
- Excentricidade permitida: 0,333

4.11.4.3. FATORES DE SEGURANÇA - SITUAÇÃO PERMANENTE DO PROJETO

- Fator de segurança para tombamento: $S_{Fo} = 1,50$
- Fator de segurança para a resistência ao deslizamento: $S_{Fs} = 1,30$
- Fator de segurança para a capacidade de carga: $S_{Fb} = 1,50$

4.11.4.4. MATERIAL DA ESTRUTURA

- Peso específico $\gamma = 23,00 \text{ kN/m}^3$
- Análise das estruturas de concreto realizadas de acordo com a norma NBR 6118-2023.
- Concreto: C25
- Resistência à compressão característica: $f_{ck} = 25,00 \text{ Mpa}$
- Resistência à tração: $f_{ct,m} = 2,56 \text{ Mpa}$
- Módulo de elasticidade: $E_{cm} = 28000,00 \text{ Mpa}$
- Longitudinal reinforcement: CA-50
- Tensão de escoamento: $f_{yk} = 500,00 \text{ Mpa}$

4.11.4.5. GEOMETRIA DA ESTRUTURA

Figura 42: Representação da Geometria da Estrutura

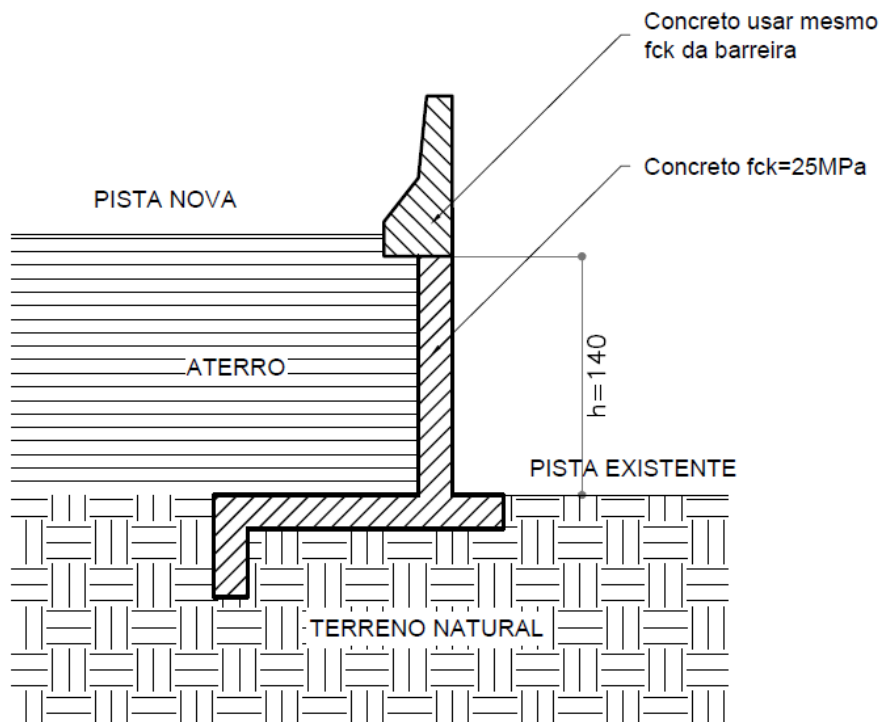
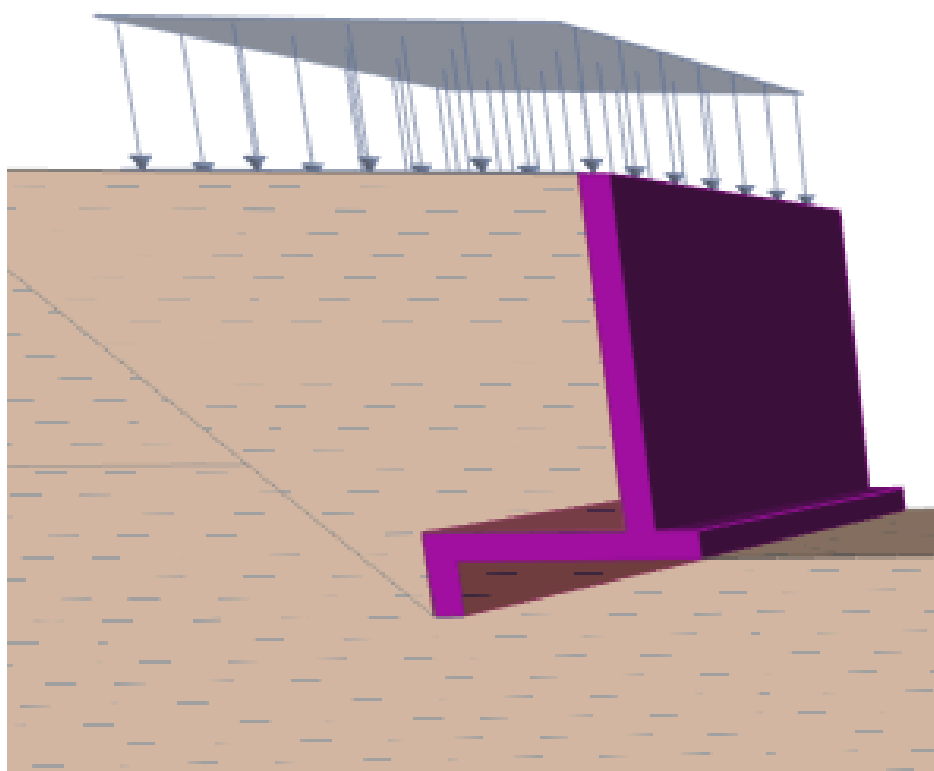


Figura 43: Representação 3D da Geometria da Estrutura



4.11.4.6. PARÂMETROS DO SOLO

- Tipo do solo – 4 Argila
- Peso volumétrico - $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
- Tensão: efetivo
- Ângulo de atrito interno – $\phi_{ef} = 25,50^\circ$
- Coesão: $c_{ef} = 35 \text{ kPa}$
- Ângulo de atrito estrutura-solo: $\delta = 16,80^\circ$
- Solo não coesivo

4.11.4.7. SOBRECARGAS

- Sobrecarga Superficial = 15 kN/m^2 ($c = 3 \text{ m}$ – Terreno)
- Resistência da face frontal não considerada
- Empuxo ativo assumido
- Sem redução do ângulo de atrito solo/solo

4.12. ANTEPROJETO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA

O presente memorial se destina a apresentar os cálculos utilizados para dimensionamento de componentes de proteção e de comando, dos cabos de distribuição e entradas de energia, utilizados no projeto da duplicação da PR-272 das interseções e trechos urbanos do km 199 ao km 219.

4.12.1. Diretrizes

Os locais a serem iluminados devem otimizar o conforto luminoso, a qualidade de iluminação e a eficiência energética, atendendo às necessidades econômicas do projeto. Quando da iluminação de rodovias, a segurança do trânsito para o usuário se configura como fator da máxima importância nos projetos de implantação ou de melhoramentos.

Dentro destes conceitos, o principal objetivo da iluminação é a obtenção de boas condições de visão associadas à visibilidade, segurança e orientação do local a ser iluminado. Seguindo estas premissas, foram utilizados equipamentos de uso amplamente difundidos, sem a especificação de postes, luminárias e fontes de luz especiais.

Quadro 80: Definições Aplicáveis

Definição	Descrição
Altura de Montagem	É a distância vertical entre a superfície da rodovia e o centro da fonte de luz;
Aterramento	É a ligação forçada à terra de um equipamento ou de um sistema, através da qual as correntes elétricas de falha podem fluir. O sistema de aterramento é constituído por malhas, cabos e hastes cravadas no solo - É atribuído o potencial elétrico zero volt ao “terra”;
Circuitos Elétricos	É um conjunto constituído por dispositivos elétricos + fontes de energia elétrica, interligados de maneira a constituir, pelo menos, um caminho fechado para a circulação da corrente elétrica:
Classificação Viária:	1º Vias Urbanas: a) Via de trânsito rápido. b) Via arterial. c) Vias coletora e central. d) Via local. 2º Vias Rurais: a) Rodovia. b) Estrada. 3º Vias e Áreas de Pedestres / Ciclistas: são caracterizadas principalmente por possuírem imóveis edificadas ao longo de sua extensão. a) Ruas. b) Avenidas. c) Vias ou caminhos e similares abertos à circulação pública. d) Ciclovia - Destinada à circulação de bicicletas, separada fisicamente do tráfego comum. e) Ciclofaixa - Parte da pista de rolamento, separada por faixa e delimitada por sinalização específica.

Definição	Descrição
Fator de Depreciação da Luminária	É a perda luminosa considerando o acúmulo de sujeira no interior do grupo ótico da luminária, variando de acordo com o grau de proteção (IP) da mesma;
Fator de Uniformidade da Iluminância	É a perda luminosa considerando o acúmulo de sujeira no interior do grupo ótico da luminária, variando de acordo com o grau de proteção (IP) da mesma;
Fluxo Luminoso	É a luminosidade emitida por uma fonte de luz, em todas as direções, verificado num período de um segundo. A unidade é lúmen (lm);
Iluminância	É o fluxo luminoso (lúmen) incidente numa superfície por unidade de área (m²). A unidade é lux;
Intensidade Luminosa	É a intensidade do fluxo luminoso projetado em uma determinada direção. A unidade é candela (cd);
Linha Isocandela	Linha traçada em uma esfera imaginária com uma fonte de luz posicionada em seu centro. Esta linha une todos os pontos correspondentes às direções nas quais as intensidades luminosas são iguais (é usualmente apresentada num plano);
Linha Isolux	Lugar geométrico dos pontos de uma superfície onde a iluminância possui o mesmo valor;
Ramal Elétrico	Derivação feita a partir de um ponto definido no circuito elétrico para alimentação de determinadas cargas;
Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA)	É o sistema constituído por um conjunto de captos, cabos de descidas e hastes de aterramento, cuja finalidade é escoar à terra as descargas elétricas de origem atmosférica.

4.12.2. Volume de Tráfego Adotado

Segundo a NBR 5101 de 2018 – Iluminação Pública – Procedimento, o volume de tráfego na via a ser iluminada é o parâmetro principal para definição de valores de iluminância e de uniformidade. Volume de tráfego foi considerado como médio (501 a 1200 veículos por hora, em períodos entre 18 e 21h).

4.12.3. Classe de Iluminação Adotada (Segundo NBR 5101)

Segundo as disposições previstas no Código Brasileiro de Trânsito, e em função do volume de tráfego fornecido, considerado como médio pela Tabela 1 da Norma, será adotada classe de iluminação V2 em todo trecho a ser iluminado.

4.12.4. Iluminância Média e Uniformidade Adotadas (Segundo NBR 5101)

Conforme Tabela 5 da mesma Norma, serão adotados os seguintes valores:

Iluminância Média mínima = E_{med} (mínimo) = 20 lux;

Fator de Uniformidade mínimo = E_{min}/E_{med} = 0,4.

4.12.5. Informações de Projeto

Quadro 81: Informações de Projeto

Características Elétricas	Detalhamento
Tensão Nominal	220 Vac / 127 Vac (entre fases e entre fase e neutro) Faixa II (50 V < U ≤ 1000 V entre fases);
Frequência Nominal	60 Hz
Ramal	Baixa tensão (<1 kV)
Máxima Queda de Tensão	4% (Desde o ponto de entrega até o circuito terminal)
Circuitos Alimentadores	Ao ar livre (condutor de alumínio)
Temperatura Ambiente	30 °C
Aterramento	Todos os postes serão aterrados com hastes locais, exceto sobre os viadutos, onde os postes serão aterrados no cabo de equipotencialização. Os valores dos pontos de aterramento deverão ser inferiores a 10 Ω

4.12.6. Dimensionamento dos Condutores de Distribuição

4.12.6.1. DIMENSIONAMENTO

Ao longo do trecho, visando garantir a continuidade de serviço, foram dimensionadas diversas entradas de energia, divididas em circuitos protegidos por disjuntores termomagnéticos.

A metodologia utilizada para o dimensionamento dos cabos e disjuntores, obedeceu aos seguintes critérios:

Os disjuntores foram especificados em função das correntes nominais de linha, considerando para os cálculos as cargas instaladas em potência aparente (VA). Para a definição da corrente de proteção dos disjuntores, se adotou a corrente de atuação do dispositivo igual ou superior à corrente de projeto do circuito, porém, inferior à capacidade de condução de corrente dos cabos de alimentação;

Para o dimensionamento dos cabos (Conforme NBR 5410, item 6.2) uma vez encontrada a corrente de projeto do circuito (IB) que se trata do valor eficaz em corrente alternada que percorrerá o condutor em serviço normal, foram aplicados os fatores correspondentes ao tipo de material e a maneira como o condutor será instalado, e assim, se define a corrente fictícia de projeto (IB');

A partir das correntes fictícias de projeto (IB') foram calculadas as bitolas dos condutores elétricos (o dimensionamento foi determinado em atendimento ao item 6.2.6.1.2 da NBR 5410);

Coordenação entre cabos e disjuntores (Conforme NBR-5410, item 5.3.4.1) respeitou-se a seguinte condição:

$$IB \leq In \leq Iz$$

Onde:

IB = corrente de projeto do circuito;

In = corrente nominal do disjuntor e;

Iz = capacidade de condução de corrente dos condutores nas condições de instalação.

4.12.6.2. DETERMINAÇÃO DAS QUEDAS DE TENSÃO

Para a determinação da queda de tensão nos circuitos, realizamos os cálculos trecho-a-trecho, verificando toda a extensão da rodovia.

Abaixo, segue o roteiro e as informações utilizadas no dimensionamento dos condutores, respeitando-se o critério do limite de queda de tensão admissível.

Classe do condutor – 0,6 / 1kV;

Método de instalação – Ao ar livre (condutor de alumínio); (F)

Tipo do circuito - Bifásico;

Corrente de projeto (IB) e potência (S);

ΔV_{unit} – Método “b” de Instalação, para FP 0,95;

Queda de tensão total;

Escolha do condutor;

Fórmulas utilizadas nos cálculos:

$$In = \frac{P_{total}}{V \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \theta}$$

$$\Delta V_{unit} = \frac{e\% \cdot V \text{ (em V/A * Km)}}{In \cdot L}$$

$$\Delta e_{trecho} = \frac{\Delta V_{unit} \cdot In \cdot L \cdot 100 \text{ (em \%)}}{V}$$

4.12.7. Entradas de Energia

Conforme já mencionado, as entradas de energia foram dimensionadas e posicionadas de maneira a minimizar as quedas de tensão dos circuitos, as aproximando das redes de distribuição de energia existentes.

A demanda considerada foi de 100% das luminárias projetadas, uma vez que todas estarão acessas ao mesmo tempo.

4.12.8. Instalação e Distanciamento Entre os Postes

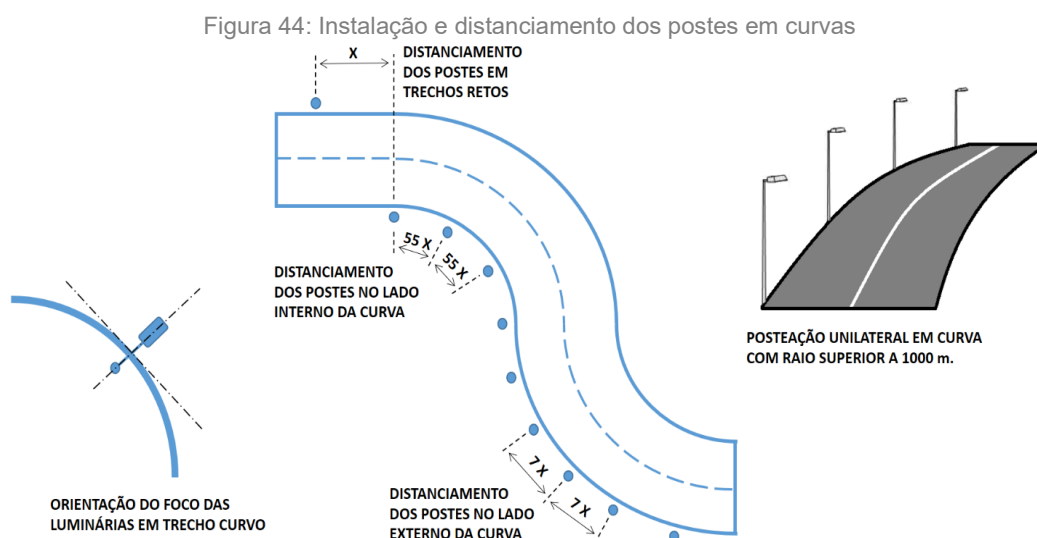
De maneira geral, nos trechos em linha reta da via, foram especificados em intervalos médios de 35,0m, conforme configuração da grade de referência de acordo com a classe V2 de iluminação da via. Nos trechos em curva, o afastamento entre os postes deve seguir as recomendações para instalação, conforme NBR 5101:

Curvas horizontais de pequeno raio, no lado externo da curva – 70% da distância em trecho reto;

Curvas horizontais de pequeno raio, no lado interno da curva – 55% da distância em trecho reto.

Nas alças de acesso é recomendado que os postes sejam instalados na face interna da via, minimizando assim os riscos de colisões de veículos. Em locais cujo raio da curva seja superior a 1 km, é recomendada a instalação unilateral dos postes do lado esquerdo no intuito de se evitar a desorientação do motorista em relação a curvatura da pista.

Em qualquer um dos casos supracitados, a orientação do foco das luminárias deverá sempre permanecer perpendicular ao raio de curvatura da pista, conforme representado na Figura 44.



4.12.9. Postes

Os postes serão metálicos telecônicos, em aço carbono SAE-1010/1020, galvanizados à fogo e deverão ser instalados em bases de concreto nos trechos não elevados

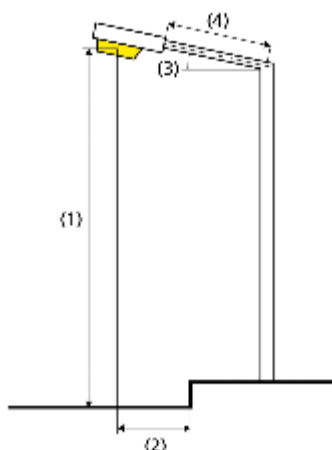
da via, e nos viadutos entre as barreiras rígidas. Devem possuir janela de inspeção inferior e furo na parte superior para passagem do cabo interno.

Quando submetidos a esforços de tração, aplicando-se uma carga igual a nominal na direção de menor inércia do poste, esses não devem apresentar trincas ou flechas superiores a 5% em relação ao comprimento nominal do poste.

Os postes flangeados devem ser fixados por parafuso prisioneiro em base de concreto moldada nos taludes de corte, e travados com porca sextavada. Os parâmetros de instalação também levam em conta as características das luminárias utilizadas, objetivando adequar os níveis de iluminação e uniformidade da distribuição de luz na superfície da pista.

A configuração simulada para postes para o trecho é registrada na figura e quadro que se segue:

Figura 45: Configuração para instalação de poste



Identificação	Elemento	Configuração
1	Altura do Poste	10 metros
2	Projeção da Luminária	-1,5 metros
3	Inclinação do braço	5°
4	Comprimento do braço	3 metros

4.12.10. Luminárias

As luminárias serão para instalação em topo de poste tipo segurança passível, em LED com capacidade para alojar o drive e todos os equipamentos necessários para a partida.

O comando de ligar/desligar das lâmpadas será desenvolvido por contadores tripolares instaladas no interior do Quadro de Comando, individual para cada circuito, que comandados por célula fotoelétrica, acenderão as luzes quando o sol se põe e desligarão as mesmas com o raiar do dia.

Luminária pública desenhada para a iluminação de vias, ambientes urbanos e corporativos em geral, recorrendo à mais avançada tecnologia led disponível atualmente no mercado. um produto com grande eficiência e economia sem precedentes, que proporciona um rápido retorno de investimento com um desempenho fotométrico de excelência. investimento com um desempenho fotométrico de excelência

Quadro 82: Características Principais

Potência	130 W
Eficiência Luminosa	22.360 lm
Fluxo Luminoso	172 lm/W
Tensão de Entrada	110 a 277 V
Frequência	50/60 Hz
Estanqueidade	Ip 66

4.12.11. Cálculo Luminotécnico

O estudo luminotécnico tem por finalidade estabelecer o melhor nível de iluminação artificial, requerido por uma determinada localidade, de acordo com o seu perfil e o tipo de atividade que será realizada naquele ambiente. No caso específico do estudo voltado para a iluminação de rodovias, o objetivo é apresentar um estudo que esteja de acordo com os parâmetros presentes nas normas relativas a esse assunto, de maneira a contribuir com a segurança do tráfego de veículos e, conseqüentemente, diminuir os índices de acidentes de trânsito.

Segundo os parâmetros normatizados na NBR 5101:2018, foi estabelecido um nível de iluminância média de 20, para que a visibilidade durante o tráfego, e a inspeção dos veículos seja satisfatória, sem causar poluição luminosa e ofuscamento aos veículos que trafegam no trecho.

Os resultados dos cálculos apresentados nesse estudo representam valores aproximados por amostragem, e eles consideram aspectos relacionados ao tipo de instalação, ao espaçamento médio entre os postes, a largura das pistas, altura de montagem das luminárias, comprimento do braço utilizado, inclinação e número de luminárias utilizadas por estrutura. As características das luminárias, tais como o fluxo luminoso, a curva do fator de utilização, o rendimento médio e os fatores de manutenção e de depreciação também foram observadas.

Quadro 83: Resultado da simulação de iluminação pública

Pista	Grandeza	Valores ²	
		Mínimos	Calculados
Acostamento 1	Iluminância média (E _{min})	>20 lx	22,24 lx
	Uniformidade Global (U _o)	>0,40	0,63
Pista de Rodagem	Iluminância média (E _{min})	>20 lx	25,61 lx
	Uniformidade Global (U _o)	>0,40	0,68
Acostamento 2	Iluminância média (E _{min})	>20 lx	20,99 lx
	Uniformidade Global (U _o)	0>0,40	0,74

² Observação: As simulações foram realizadas em função das especificações apresentadas acima. Estes estudos não serão mais válidos, e precisarão ser refeitos, caso as luminárias usadas pelo cliente possuam características muito diferentes das que foram mencionadas. Este trabalho perderá a sua eficiência caso as instalações sofram grandes variações em relação às dimensões dos postes e das hastes de fixação das luminárias, ou as distâncias de montagem sejam muito diferentes das que foram utilizadas nas simulações

4.13. ANTEPROJETO DE DESAPROPRIAÇÃO

O presente documento denominado Anteprojeto de Desapropriação, tem por objetivo subsidiar a elaboração do projeto básico e executivo de engenharia para restauração e ampliação de capacidade da rodovia PR-272, entre o entroncamento com a PR-466, km 254,64, denominado “Lote 03 – Mauá da Serra a Porto Ubá”, totalizando 54,81 km de extensão.

A delimitação das áreas necessárias para execução do projeto foi desenvolvida a partir dos levantamentos topográficos, do anteprojeto geométrico e de drenagem, considerando a faixa de domínio existente no trecho, conforme o estabelecido no Decreto de Utilidade Pública nº 21.820/1970, o qual segue apresentado na sequência.

Com base na delimitação das áreas necessárias extra faixa de domínio existente, buscou-se fazer uma identificação das divisas de cada propriedade, de modo a se estimar o número aproximado de áreas a serem desapropriadas, bem como, identificar as áreas da faixa de domínio existente ocupadas, sendo essas tratadas como áreas a serem reintegradas.

Os imóveis atingidos pela desapropriação e as áreas que se enquadram como reintegrações de posse foram cadastrados através do CTD (cadastro técnico individual), onde possuem uma numeração cadastral, apresentados nos quadros resumos e na planta geral.

As propriedades previstas a serem desapropriadas nos subtrechos 01, 02 e 03 são predominantemente de caráter rural e nos estudos realizados para elaboração desse anteprojeto, foram identificadas benfeitorias não reprodutivas afetadas em quatro áreas do subtrecho 02 (CTDs 83, 86, 87 e 89).

Nessas quatro áreas onde existe a previsão de desapropriação de terra nua e de benfeitoria não reprodutiva, deverá ser aplicado questionário socioeconômico aos proprietários/ocupantes das áreas, de modo que seja possível elaborar um Parecer Social com a finalidade de diagnóstico de grau de vulnerabilidade.

O resumo da estimativa de áreas e de propriedades a serem desapropriadas e reintegradas por subtrecho podem ser visualizadas nos quadros a seguir e de forma mais detalhadas nos demais quadros resumo existentes.

Figura 46: Decreto de Utilização Pública nº 21820



Governo do Estado do Paraná

DECRETO N.º 21820

O GOVERNADOR DO ESTADO DO PARANÁ, no uso de suas atribuições e de acordo com os arts. 2º, 5º, alínea i e 6º, do Decreto-Lei nº 3.365, de 21 de junho de 1941, combinado com o art. 47, da Lei nº 1.052, de 20 de novembro de 1952;

DECRETA :

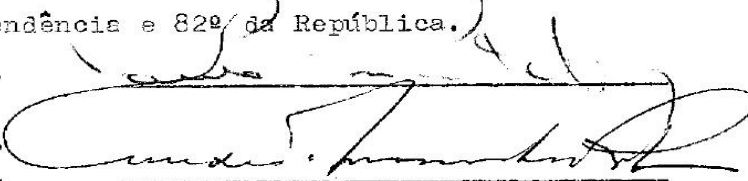
Art. 1º - Fica declarada de utilidade pública, para fins de desapropriação, uma faixa de terras de 80,00 (oitenta) metros de largura, em toda sua extensão, correspondente ao traçado do subtrecho BR-376 - Rio - Ivai (Fôrto Ubá), da Rodovia BR-272, São Paulo - Guaíra, - trecho Ibaiti - Campo Mourão, inclusive benfeitorias nela existentes.

Art. 2º - Para fins de imissão provisória de posse, fica declarada a urgência na desapropriação da mencionada faixa.

Art. 3º - Este Decreto entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

Curitiba, em 4 de dezembro de 1970, 149ª da Independência e 82ª da República.

ado em 11 / 12 / 1970
ado ao Diário Oficial 153
191 de 7 / 12 / 1970
ado ao Diário Oficial
de 11 / 12 / 1970



No Quadro 1 é apresentado um panorama geral das áreas a serem desapropriadas:

Quadro 84: Áreas a serem desapropriadas

Subtrecho	Estimativa de área a desapropriar (m ²)	Estimativa do número de áreas a serem desapropriadas	Valor estimado dos custos das desapropriações (R\$) ³⁻⁴
01	17.831,64	12	218.746,43
02	39.648,39	20	1.807.727,27
03	64.038,18	06	785.576,85
Totais	121.518,21	38	2.812.050,55

Quadro 85: Áreas a serem reintegradas

Subtrecho	Estimativa de área a reintegrar (m ²)	Estimativa do número de áreas a serem reintegradas
01	585.020,37	38
02	787.162,08	90
03	788.373,88	40
Totais	2.160.556,33	168

Nas áreas a serem reintegradas na posse, foram identificadas diferentes formas de uso da faixa de domínio existente, predominando o uso para fins de plantio de grãos nas áreas rurais, sendo identificadas edificações e demais benfeitorias não reprodutivas existentes como cercas, calçamentos, dentro outros.

A existência de benfeitorias não reprodutivas localizadas dentro da faixa de domínio existente, exige atenção quando da elaboração dos projetos básico e executivo, sendo necessário, principalmente nos casos onde foram identificadas benfeitorias não reprodutivas, que se aplique um questionário socioeconômico para caracterização social desses ocupantes, para caracterização social e embasamento de decisão sobre a reintegração de posse dessas áreas pelo DER/PR.

A planta geral do anteprojeto de desapropriação onde é apresentado o desenho técnico cadastral georreferenciado, elaborado a partir de levantamento topográfico expedito, onde está apresentada a projeção da via, a faixa de domínio existente e projetado e que contêm os elementos mínimos necessários para a representação da localização dos imóveis previstos a serem desapropriadas, as áreas previstas de reintegração de posse e a identificação das benfeitorias não reprodutivas e reprodutivas, estão apresentadas no Volume 02.

³ O valor unitário em reais por hectare foi obtido através de pesquisa na região, com corretores de imóveis, obtendo-se um valor médio por hectare de R\$ 122.673,20.

⁴ No subtrecho 02 foram identificadas 04 áreas onde são afetadas benfeitorias não reprodutivas, sendo duas em alvenaria e duas em madeira. Para fins de estimativa de valores, foi utilizado o CUB/PR no valor de R\$ 2.469,68/m² para as benfeitorias de alvenaria e para as de madeira utilizou-se como referencial um valor de 70% do CUB. Para estimativa do valor final, foi aplicado um coeficiente de depreciação de 80% das benfeitorias.



RELATÓRIO DO ANTEPROJETO
RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA
RODOVIA PR-272 – MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ



Em atendimento à Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), o Anteprojeto de Desapropriação não apresentou dados pessoais dos proprietários das áreas afetadas (desapropriação/reintegração), sendo disponibilizados em momento oportuno para a futura Contratada os dados já identificados de matrículas, proprietários e ocupantes de áreas ao longo do traçado.

Quando da elaboração dos projetos básico e executivo deverá ser realizada consulta formal junto ao DER/PR para confirmação do Decreto vigente no trecho, como também, deverão ser atualizados os valores do mercado regional de terras.



5. ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – ART



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

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20231046212

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

INICIAL
 EQUIPE à PE20210699013

1. Responsável Técnico

DJAIR BARROS FALCÃO

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL, ENGENHEIRO DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

RNP: **1802276661**

Registro: **1802276661PE**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MAIA MELO ENGENHARIA LTDA**

CPF/CNPJ: **08.156.424/0001-51**

RUA GENERAL JOAQUIM INÁCIO

Nº: **136**

Complemento:

Bairro: **ILHA DO LEITE**

Cidade: **RECIFE**

UF: **PE**

CEP: **50070270**

Contrato: **Não especificado**

Celebrado em: **07/07/2022**

Valor: **R\$ 15.000,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA PR-272

Nº: **S/N**

Complemento:

Bairro: **DIVERSOS**

Cidade: **CURITIBA**

UF: **PR**

CEP: **00000000**

Data de Início: **29/07/2022**

Previsão de término: **21/12/2023**

Coordenadas Geográficas: **-24.502330, -51.688337**

Finalidade: **Ambiental**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DO PARANA**

CPF/CNPJ: **76.669.324/0001-89**

4. Atividade Técnica

10 - Coordenação

Quantidade

Unidade

25 - Coordenação > MEIO AMBIENTE > GESTÃO AMBIENTAL > #7.6.6 - DE ESTUDOS
 AMBIENTAIS

54,81

km

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Coordenação de equipes para elaboração de Plano de Controle Ambiental para restauração e ampliação de capacidade da Rodovia PR-466 entre o km 80,79 e km 132,65 entre o Entroncamento PRC-272 entre o entroncamento com a BR-376 no km199,83 e o entroncamento com a PR-466, km254,64, denominado Lote 03 (Subtrechos 1, 2 e 3) ? Mauá da Serra a Porto Ubá, totalizando 54,81 km de extensão

6. Declarações

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PE, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

7. Entidade de Classe

NÃO OPTANTE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

_____, _____ de _____ de _____

Local

data

DJAIR BARROS FALCÃO - CPF: 438.794.974-00

MAIA MELO ENGENHARIA LTDA - CNPJ: 08.156.424/0001-51

9. Informações

* Conforme Art. 4º da Resolução 1025/2009: O registro da ART efetiva-se após o seu cadastro no sistema eletrônico do CREA e o recolhimento do valor correspondente

* O comprovante de pagamento deverá ser apensado para comprovação de quitação

10. Valor

Valor da ART: **R\$ 96,62**

Registrada em: **14/11/2023**

Valor pago: **R\$ 96,62**

Nosso Número: **8305840808**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: ywwd3
 Impresso em: 14/11/2023 às 16:40:20 por: , ip: 181.222.110.161





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

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20251315436

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

SUBSTITUIÇÃO à
 PE20220757160

1. Responsável Técnico

IGOR MOREL SARAIVA DE MATOS

Título profissional: **GEÓLOGO**

RNP: **1820773604**

Registro: **1820773604PE**

2. Dados do Contrato

Contratante: **Maia Melo Engenharia LTDA**

RUA GENERAL JOAQUIM INÁCIO

Complemento:

Cidade: **RECIFE**

Bairro: **ILHA DO LEITE**

UF: **PE**

CPF/CNPJ: **08.156.424/0001-51**

Nº: **136**

CEP: **50070270**

Contrato: **Não especificado**

Valor: **R\$ 4.000,00**

Ação Institucional: **Outros**

Celebrado em:

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

3. Dados da Obra/Serviço

AVENIDA Rodovia PR 272

Complemento:

Cidade: **CURITIBA**

Data de Início: **14/03/2022**

Finalidade:

Proprietário: **DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DO PARANA**

Bairro: **Diversos**

UF: **PR**

Previsão de término: **29/07/2022**

Coordenadas Geográficas: **-24.502278, -51.688327**

Código: **Não Especificado**

Nº: **S/N**

CEP: **00000000**

CPF/CNPJ: **76.669.324/0001-89**

4. Atividade Técnica

14 - Elaboração

77 - Planejamento > MEIO AMBIENTE > DIAGNÓSTICO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL > DE DIAGNÓSTICO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL > #7.2.1.1 - CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

Quantidade

1,00

Unidade

un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Responsável Técnico pela elaboração do componente do meio físico do Plano de Controle Ambiental (PCA) para restauração e ampliação de capacidade da rodovia PR-272 entre o entroncamento com a BR-376, no km 199,83 e o entroncamento com a PR - 466, km 254,64, denominado Lote 03 - Mauá da Serra a Porto Ubá, totalizando 54,81 km de extensão. ART de participação por equipe, vinculada a PE20210699013

6. Declarações

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PE, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

Documento assinado digitalmente

7. Entidade de Classe

NÃO OPTANTE



IGOR MOREL SARAIVA DE MATOS

Data: 10/04/2025 17:04:07-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

IGOR MOREL SARAIVA DE MATOS - CPF: 036.504.833-00

_____, _____ de _____ de _____
 Local data

Maia Melo Engenharia LTDA - CNPJ: 08.156.424/0001-51

9. Informações

* Conforme Art. 4º da Resolução 1025/2009: O registro da ART efetiva-se após o seu cadastro no sistema eletrônico do CREA e o recolhimento do valor correspondente

10. Valor

Valor da ART: **R\$ 103,03**

Registrada em: **10/04/2025**

Valor pago: **R\$ 103,03**

Nosso Número: **8307487403**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: 526Yz
 Impresso em: 10/04/2025 às 16:59:34 por: , ip: 177.97.117.183





Serviço Público Federal
Conselho Federal de Biologia
Conselho Regional de Biologia da 7ª Região
Avenida Marechal Floriano Peixoto, 170 - 13º andar
Centro - Curitiba / Paraná - Brasil
CEP: 80020-090 - Fone (41) 3079-0077
crbio07@crbio07.gov.br

**ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA ART**

Nº:07-3652/23

CONTRATADO

Nome:JOÃO EDUARDO CAVALCANTI BRITO

Registro CRBio:83066/07-D

CPF:05902400996

Tel:33053685

E-Mail:britojec@gmail.com

Endereço:AV. LONDRINA, 1768, APTO. 1902

Cidade:MARINGÁ

Bairro:ZONA 8

CEP:87050-730

UF:PR

CONTRATANTE

Nome:MAIA MELO ENGENHARIA LTDA

Registro Profissional:

CPF/CGC/CNPJ:08.156.424/0001-51

Endereço:R GENERAL JOAQUIM INACIO

Cidade:RECIFE

Bairro:ILHA DO LEITE

CEP:50070-275

UF:PE

Site:

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

Natureza: Prestação de Serviços - 1.2,1.7

Identificação:Diagnóstico

Município: Faxinal

Município da sede: Mauá da Serra

UF:PR

Forma de participação: Equipe

Perfil da equipe: Multidisciplinar

Área do conhecimento: Zoologia

Campo de atuação: Meio ambiente

Descrição sumária da atividade:Responsável Técnico pela elaboração do componente do meio biótico (fauna e flora) do Plano de Controle Ambiental (PCA) para restauração e ampliação de capacidade da rodovia PR-272 entre o entroncamento com a BR-376, no km 199,83 e o entroncamento com a PR-466, km 254,64, denominado Lote 03 - Mauá da Serra a Porto Ubá, totalizando 54,81 km de extensão, abrangendo os municípios de Mauá da Serra, Faxinal e Cruzmaltina.

Valor: R\$ 10000,00

Total de horas: 240

Início: 01 / 03 / 2022

Término:

ASSINATURAS**Declaro serem verdadeiras as informações acima**

Data: 04/ 12 /2023

Data: / /

Assinatura do profissional

Assinatura e carimbo do contratante

Para verificar a autenticidade desta ART acesse o **CRBio07-24 horas** Online em nosso site e depois o serviço **Conferência de ART** Protocolo Nº46602

Solicitação de baixa por distrato

Data: / /

Assinatura do Profissional

Data: / /

Assinatura e carimbo do contratante

Solicitação de baixa por conclusão

Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos

Data: / /

Assinatura do Profissional

Data: / /

Assinatura e carimbo do contratante



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

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20210700071

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

INICIAL
 CO-RESPONSÁVEL à PE20210699013

1. Responsável Técnico

JOEL VENTURA RIBEIRO FILHO

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1802229442**

Registro: **PE011102 PE**

Empresa contratada: **MAIA MELO ENGENHARIA LTDA**

Registro: **0000045408-PE**

2. Dados do Contrato

Contratante: **Departamento de Estradas de Rodagem DER/PR**

CPF/CNPJ: **76.669.324/0001-89**

AVENIDA IGUAÇU

Nº: **420**

Complemento:

Bairro: **REBOUÇAS**

Cidade: **CURITIBA**

UF: **PR**

CEP: **80230020**

Contrato: **072/2021**

Celebrado em: **15/07/2021**

Valor: **R\$ 2.521.559,63**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Público**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA PR-272

Nº: **S/N**

Complemento:

Bairro: **DIVERSOS**

Cidade: **CURITIBA**

UF: **PR**

CEP: **00000000**

Data de Início: **18/10/2021**

Previsão de término: **31/12/2022**

Coordenadas Geográficas: **-24.502330, -51.688337**

Finalidade: **Infraestrutura**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **Departamento de Estradas de Rodagem DER/PR**

CPF/CNPJ: **76.669.324/0001-89**

4. Atividade Técnica

10 - Coordenação

Quantidade

Unidade

80 - Projeto > TRANSPORTES > INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA > #4.1.3 - DE
 INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA

54,81

km

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

COORDENADOR E CORRESPONSÁVEL TÉCNICO NA ELABORAÇÃO DE PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA PARA RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA RODOVIA PR-272, ENTRE O ENTRONCAMENTO COM A BR-376, NO km 199,83 E O ENTRONCAMENTO COM A PR-466, km 254,64, DENOMINADO LOTE 03 ? MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ.

6. Declarações

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PE, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

7. Entidade de Classe

NÃO OPTANTE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

JOEL VENTURA RIBEIRO FILHO - CPF: 166.802.354-72

Local

data

Departamento de Estradas de Rodagem DER/PR - CNPJ: 76.669.324/0001-89

9. Informações

* Conforme Art. 4º da Resolução 1025/2009: O registro da ART efetiva-se após o seu cadastro no sistema eletrônico do CREA e o recolhimento do valor correspondente

10. Valor

Valor da ART: **R\$ 88,78**

Registrada em: **03/11/2021**

Valor pago: **R\$ 88,78**

Nosso Número: **8303718549**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: dwYC8
 Impresso em: 04/11/2021 às 10:32:44 por: , ip: 189.1.28.22





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

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20251314151

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

SUBSTITUIÇÃO à
 PE20251311263

1. Responsável Técnico

MARIA CAROLINA DA SILVA

Título profissional: **ENGENHEIRA AMBIENTAL, MESTRA EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

RNP: **1815324830**

Registro: **PE060554 PE**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MAIA MELO ENGENHARIA LTDA**

RUA GENERAL JOAQUIM INÁCIO

Complemento:

Cidade: **RECIFE**

Bairro: **ILHA DO LEITE**

UF: **PE**

CPF/CNPJ: **08.156.424/0001-51**

Nº: **136**

CEP: **50070275**

Contrato: **Não especificado**

Valor: **R\$ 5.000,00**

Ação Institucional: **Outros**

Celebrado em:

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA Rodovia PR-272

Complemento:

Cidade: **CURITIBA**

Data de Início: **29/11/2023**

Finalidade:

Proprietário: **DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DO PARANA**

Bairro: **Diversos**

UF: **PR**

Previsão de término: **29/06/2025**

Coordenadas Geográficas: **-24.502330, -51.688337**

Código: **Não Especificado**

Nº: **s/n**

CEP: **87300009**

CPF/CNPJ: **76.669.324/0001-89**

4. Atividade Técnica

14 - Elaboração

42 - Estudo de viabilidade ambiental > MEIO AMBIENTE > GESTÃO AMBIENTAL > #7.6.6 - DE
 ESTUDOS AMBIENTAIS

Quantidade

1,00

Unidade

un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Responsável Técnico pela elaboração dos programas ambientais voltados para elaboração de Plano de Controle Ambiental (PCA) para restauração e ampliação de capacidade da Rodovia PR-466 entre o km 80,79 e km 132,65 entre o Entroncamento PR-272 entre o entroncamento com a BR-376 no km199,83 e o entroncamento com a PR-466, km254,64, denominado Lote 03 (Subtrechos 1, 2 e 3) Mauá da Serra a Porto Ubá, totalizando 54,81 km de extensão.

6. Declarações

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PE, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

7. Entidade de Classe

NÃO OPTANTE



Documento assinado digitalmente

MARIA CAROLINA DA SILVA

Data: 09/04/2025 12:35:41-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

MARIA CAROLINA DA SILVA - CPF: 051.028.604-61

_____, _____ de _____ de _____
 Local data

MAIA MELO ENGENHARIA LTDA - CNPJ: 08.156.424/0001-51

9. Informações

* Conforme Art. 4º da Resolução 1025/2009: O registro da ART efetiva-se após o seu cadastro no sistema eletrônico do CREA e o recolhimento do valor correspondente

10. Valor

Esta ART é isenta de taxa

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: d3Wbc
 Impresso em: 09/04/2025 às 12:30:03 por: , ip: 200.17.137.147





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

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20231044920

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

INICIAL
EQUIPE à PE20210699013

1. Responsável Técnico

RAFAEL RODRIGUES DA SILVA

Título profissional: **ENGENHEIRO AGRÔNOMO, MESTRE EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS E
TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, DOUTOR EM TECNOLOGIAS
ENERGÉTICAS NUCLEARES**

RNP: 1800311516

Registro: PE034761 PE

2. Dados do Contrato

Contratante: **MAIA MELO ENGENHARIA LTDA**

RUA GENERAL JOAQUIM INÁCIO

Complemento:

Cidade: **RECIFE**

Bairro: **ILHA DO LEITE**

UF: **PE**

CPF/CNPJ: **08.156.424/0001-51**

Nº: **136**

CEP: **50070275**

Contrato: **Não especificado**

Valor: **R\$ 9.500,00**

Ação Institucional: **Outros**

Celebrado em: **07/07/2022**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA PR-272

Complemento:

Cidade: **CURITIBA**

Data de Início: **29/07/2022**

Finalidade: **Ambiental**

Proprietário: **Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná - DER**

Bairro: **DIVERSOS**

UF: **PR**

Previsão de término: **21/12/2023**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Código: **Não Especificado**

Nº: **S/N**

CEP: **00000000**

CPF/CNPJ: **76.669.324/0001-89**

4. Atividade Técnica

8 - Consultoria

23 - Consultoria > CARTOGRAFIA > CRIAÇÃO DE BASES CARTOGRÁFICAS PARA
MAPEAMENTO > DE CRIAÇÃO DE BASES CARTOGRÁFICAS > #35.4.1.1 - PARA MAPEAMENTO

Quantidade

19,00

Unidade

un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Responsável Técnico pela elaboração de mapas para Plano de Controle Ambiental e Inventário Florestal para restauração e ampliação de capacidade da Rodovia PR-466 entre o km 80,79 e km 132,65 entre o Entroncamento PRC-272 entre o entroncamento com a BR-376 no km199,83 e o entroncamento com a PR-466, km254,64, denominado Lote 03 (Subtrechos 1, 2 e 3) ? Mauá da Serra até Porto Ubá, totalizando 54,81 km de extensão.

6. Declarações

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PE, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

7. Entidade de Classe

NÃO OPTANTE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

RAFAEL RODRIGUES DA SILVA - CPF: 043.507.704-02

Local _____ de _____ data _____

MAIA MELO ENGENHARIA LTDA - CNPJ: 08.156.424/0001-51

9. Informações

* Conforme Art. 4º da Resolução 1025/2009: O registro da ART efetiva-se após o seu cadastro no sistema eletrônico do CREA e o recolhimento do valor correspondente

10. Valor

Valor da ART: **R\$ 96,62**

Registrada em: **13/11/2023**

Valor pago: **R\$ 96,62**

Nosso Número: **8305839239**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: 24Awa
Impresso em: 13/11/2023 às 16:18:18 por: ip: 201.140.237.162

www.creape.org.br
Tel: (81) 3423-4383

creape@creape.org.br
Fax: (81) 3423-4383

CREA-PE
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia de Pernambuco





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

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20231054114

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

INICIAL
EQUIPE - ART PRINCIPAL

1. Responsável Técnico

ROBERTO CORREIA MORETTI

Título profissional: **GEÓGRAFO**

RNP: **1819956563**

Registro: **1819956563PE**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MAIA MELO ENGENHARIA LTDA**

RUA GENERAL JOAQUIM INÁCIO

Complemento:

Cidade: **RECIFE**

Bairro: **ILHA DO LEITE**

UF: **PE**

CPF/CNPJ: **08.156.424/0001-51**

Nº: **136**

CEP: **50070275**

Contrato: **Não especificado**

Valor: **R\$ 5.000,00**

Ação Institucional: **Outros**

Celebrado em:

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA RODOVIA PR-272

Complemento:

Cidade: **CURITIBA**

Data de Início: **29/07/2022**

Finalidade: **Ambiental**

Proprietário: **DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO ESTADO DO PARANÁ**

Bairro: **DIVERSOS**

UF: **PR**

Previsão de término: **21/12/2023**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Código: **Não Especificado**

Nº: **S/NUMERO**

CEP: **00000000**

CPF/CNPJ: **76.669.324/0001-89**

4. Atividade Técnica

10 - Coordenação

25 - Coordenação > MEIO AMBIENTE > GESTÃO AMBIENTAL > #7.6.6 - DE ESTUDOS
 AMBIENTAIS

Quantidade

54,81

Unidade

km

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Co-orientação e Responsável Técnico pela meio físico e socioeconômico voltados para elaboração de Plano de Controle Ambiental (PCA) para restauração e ampliação de capacidade da Rodovia PR-466 entre o km 80,79 e km 132,65 entre o Entroncamento PR-272 entre o entroncamento com a BR-376 no km199,83 e o entroncamento com a PR-466, km254,64, denominado Lote 03 (Subtrechos 1, 2 e 3) Mauá da Serra a Porto Ubá, totalizando 54,81 km de extensão.

6. Declarações

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PE, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

7. Entidade de Classe

NÃO OPTANTE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

_____, _____ de _____ de _____
 Local data

ROBERTO CORREIA MORETTI - CPF: 068.127.784-00

MAIA MELO ENGENHARIA LTDA - CNPJ: 08.156.424/0001-51

9. Informações

* Conforme Art. 4º da Resolução 1025/2009: O registro da ART efetiva-se após o seu cadastro no sistema eletrônico do CREA e o recolhimento do valor correspondente

10. Valor

Valor da ART: **R\$ 96,62**

Registrada em: **29/11/2023**

Valor pago: **R\$ 96,62**

Nosso Número: **8305853471**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: 9x90y
 Impresso em: 30/11/2023 às 07:29:24 por: , ip: 189.40.100.96





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

CREA-PE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PE20210699013

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

INICIAL
CO-RESPONSÁVEL - ART PRINCIPAL

1. Responsável Técnico

ROGÉRIO GIGLIO

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1802206175**

Registro: **PE011470D PE**

Empresa contratada: **MAIA MELO ENGENHARIA LTDA**

Registro: **0000045408-PE**

2. Dados do Contrato

Contratante: **Departamento de Estradas de Rodagem DER/PR**

CPF/CNPJ: **76.669.324/0001-89**

AVENIDA IGUAÇU

Nº: **420**

Complemento:

Bairro: **REBOUÇAS**

Cidade: **CURITIBA**

UF: **PR**

CEP: **80230020**

Contrato: **072/2021**

Celebrado em: **15/07/2021**

Valor: **R\$ 2.521.559,63**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Público**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA PR-272

Nº: **S/N**

Complemento:

Bairro: **DIVERSOS**

Cidade: **CURITIBA**

UF: **PR**

CEP: **00000000**

Data de Início: **18/10/2021**

Previsão de término: **31/12/2022**

Coordenadas Geográficas: **-24.502330, -51.688337**

Finalidade: **Infraestrutura**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **Departamento de Estradas de Rodagem DER/PR**

CPF/CNPJ: **76.669.324/0001-89**

4. Atividade Técnica

15 - Elaboração

Quantidade

Unidade

80 - Projeto > TRANSPORTES > INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA > #4.1.3 - DE
 INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA

54,81

km

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DE PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA PARA RESTAURAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA RODOVIA PR-272, ENTRE O ENTRONCAMENTO COM A BR-376, NO km 199,83 E O ENTRONCAMENTO COM A PR-466, km 254,64, DENOMINADO LOTE 03 ? MAUÁ DA SERRA A PORTO UBÁ.

6. Declarações

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PE, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

7. Entidade de Classe

NÃO OPTANTE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

ROGÉRIO GIGLIO - CPF: 342.669.094-20

Local

data

Departamento de Estradas de Rodagem DER/PR - CNPJ: 76.669.324/0001-89

9. Informações

* Conforme Art. 4º da Resolução 1025/2009: O registro da ART efetiva-se após o seu cadastro no sistema eletrônico do CREA e o recolhimento do valor correspondente

* O comprovante de pagamento deverá ser apensado para comprovação de quitação

10. Valor

Valor da ART: **R\$ 233,94**

Registrada em: **01/11/2021**

Valor pago: **R\$ 233,94**

Nosso Número: **8303716634**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pe.sitac.com.br/publico>, com a chave: dZw45
 Impresso em: 03/11/2021 às 08:13:41 por: , ip: 189.1.28.22





1. RESPONSÁVEL TÉCNICO

Nome Civil/Social: GIOVANA PATRÍCIA MAIA BELTRÃO

Título Profissional: Arquiteto(a) e Urbanista

CPF: 622.XXX.XXX-87

Nº do Registro: 000A982210

2. DETALHES DO RRT

Nº do RRT: SI13771925I00CT001

Data de Cadastro: 01/12/2023

Data de Registro: 02/12/2023

Modalidade: RRT SIMPLES

Forma de Registro: INICIAL

Forma de Participação: INDIVIDUAL

2.1 Valor da(s) taxa(s)

Valor da(s) taxa(s): R\$115,18

Boleto nº 19303105

Pago em: 01/12/2023

3. DADOS DO SERVIÇO/CONTRATANTE

3.1 Serviço 001

Contratante: MAIA MELO ENGENHARIA LTDA

Tipo: Pessoa Jurídica de Direito Privado

Valor do Serviço/Honorários: R\$10.000,00

CPF/CNPJ: 08.XXX.XXX/0001-51

Data de Início: 29/07/2022

Data de Previsão de Término: 21/12/2023

3.1.1 Endereço da Obra/Serviço

País: Brasil

Tipo Logradouro: DF-345

Logradouro: PR 272

Bairro: DIVERSOS

CEP: 00000000

Nº: S/N

Complemento:

Cidade/UF: CURITIBA/PR

3.1.2 Atividade(s) Técnica(s)

Grupo: MEIO AMBIENTE E PLANEJAMENTO REGIONAL E URBANO

Atividade: 4.2.9 - Plano de Controle Ambiental - PCA

Quantidade: 54,81

Unidade: quilômetro

3.1.3 Tipologia

Tipologia: Não se aplica

3.1.4 Descrição da Obra/Serviço

Co-coordenação de equipes para elaboração de Plano de Controle Ambiental (PCA) para restauração e ampliação de capacidade da Rodovia PR-466 entre o km 80,79 e km 132,65 entre o Entroncamento PR-272 entre o entroncamento com a BR-376 no km199,83 e o entroncamento com a PR-466, km254,64, denominado Lote 03 (Subtrechos 1, 2 e 3) Mauá da Serra a Porto Ubá, totalizando 54,81 km de extensão.

3.1.5 Declaração de Acessibilidade

Declaro a não exigibilidade de atendimento às regras de acessibilidade previstas em legislação e em normas técnicas pertinentes para as edificações abertas ao público, de uso público ou privativas de uso coletivo, conforme § 1º do art. 56 da Lei nº 13.146, de 06 de julho de 2015.



4. RRT VINCULADO POR FORMA DE REGISTRO

Nº do RRT	Contratante	Forma de Registro	Data de Registro
SI13771925I00CT001	MAIA MELO ENGENHARIA LTDA	INICIAL	01/12/2023

5. DECLARAÇÃO DE VERACIDADE

Declaro para os devidos fins de direitos e obrigações, sob as penas previstas na legislação vigente, que as informações cadastradas neste RRT são verdadeiras e de minha responsabilidade técnica e civil.

6. ASSINATURA ELETRÔNICA

Documento assinado eletronicamente por meio do SICCAU do arquiteto(a) e urbanista GIOVANA PATRÍCIA MAIA BELTRÃO, registro CAU nº 000A982210, na data e hora: 01/12/2023 10:53:17, com o uso de login e de senha. O **CPF/CNPJ** está oculto visando proteger os direitos fundamentais de liberdade, privacidade e o livre desenvolvimento da personalidade da pessoa natural (**LGPD**)

A autenticidade deste RRT pode ser verificada em: <https://siccau.cau.br.gov.br/app/view/sight/externo?form=Servicos>, ou via QRCode.





6. TERMO DE ENCERRAMENTO

O presente volume, denominado Volume 1: Relatório do Anteprojeto, é parte integrante do Elaboração de Anteprojeto de Engenharia para Restauração e Ampliação de Capacidade da Rodovia PR-272 entre o Entroncamento com a BR-376, no km 199,83 e o Entroncamento com a PR-466, km 254,64, denominado Lote 03 – Mauá da Serra a Porto Ubá.

Curitiba/PR, julho de 2025.