

**GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ**  
**SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA**  
**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM – DER**

**PROJETO DE ENGENHARIA PARA**  
**DUPLICAÇÃO DA RODOVIA PR-323**  
**km 174+200 ao km 180+500**

**LOCAL: DOUTOR CAMARGO/PR**  
**TRECHO: km 174+200 AO km 180+500**  
**FASE: PROJETO EXECUTIVO**  
**EXTENSÃO: 6,30 km**

**VOLUME 1**  
**RELATÓRIO DO PROJETO**  
**TOMO ÚNICO**



**FEVEREIRO / 2020**

# GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ

SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA  
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM - DER

## PROJETO DE ENGENHARIA PARA DUPLICAÇÃO DA RODOVIA PR-323 km 174+200 ao km 180+500

LOCAL: DOUTOR CAMARGO/PR  
TRECHO: km 174+200 AO km 180+500  
FASE: PROJETO EXECUTIVO  
EXTENSÃO: 6,30 km

VOLUME 1  
RELATÓRIO DO PROJETO  
TOMO ÚNICO

Revisão	Data	Descrição
00	14/02/2020	Emissão inicial

## SUMÁRIO

<b>1 APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>2 MAPA DE SITUAÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>3 ESTUDOS REALIZADOS .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1 ESTUDOS DE TRAÇADO .....</b>	<b>7</b>
<b>3.2 ESTUDOS DE TRÁFEGO .....</b>	<b>8</b>
3.2.1 Distribuição dos Veículos .....	8
3.2.2 Número de Solicitações do Eixo Padrão .....	9
<b>3.3 AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE RODOVIAS .....</b>	<b>12</b>
3.3.1 Estudos de Tráfego .....	13
3.3.2 Projeto de Pavimentação .....	17
3.3.3 Projeto de Pavimentação .....	18
<b>3.4 ESTUDOS TOPOGRÁFICOS .....</b>	<b>19</b>
3.4.2 REDE DE REFERÊNCIA IMPLANTADA .....	19
3.4.3 BASE CARTOGRÁFICA .....	20
<b>3.6 ESTUDOS DE SEGURANÇA DE TRÂNSITO .....</b>	<b>21</b>
3.6.1 Visão Geral do Trecho .....	22
3.6.2 Locais Concentradores de Acidentes .....	25
3.6.3 Km 175+600 .....	27
3.6.4 Km 175+900 .....	30
3.6.5 Km 179+100 .....	31
3.6.6 Km 179+900 .....	32
3.6.7 Conclusão .....	33
<b>3.7 ESTUDOS HIDROLÓGICOS .....</b>	<b>34</b>
3.7.1 GENERALIDADES .....	34
3.7.2 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA .....	34
3.7.3 VEGETAÇÃO .....	35
3.7.4 GEOMORFOLOGIA .....	37
3.7.5 GEOLOGIA .....	37
3.7.6 PEDOLOGIA .....	38
3.7.7 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA .....	39
3.7.8 REGIME PLUVIOMÉTRICO .....	41
3.7.9 TEMPO DE RECORRÊNCIA .....	42
3.7.10 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO .....	43
3.7.11 RELAÇÃO INTENSIDADE – DURAÇÃO – RECORRÊNCIA .....	43
3.7.12 DETERMINAÇÃO DE VAZÃO DE PROJETO .....	45

---

3.7.13	CARACTERÍSTICAS DAS BACIAS .....	47
3.7.14	DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DE BUEIROS .....	47
3.7.15	RESULTADOS.....	51
3.7.16	FICHAS DE BUEIROS EXISTENTES .....	53
<b>3.8</b>	<b>ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS .....</b>	<b>58</b>
3.8.1	Estudos Geológicos, Geomorfológicos e Pedológicos .....	58
3.8.2	Estudos Geotécnicos .....	67
<b>3.9</b>	<b>ESTUDOS AMBIENTAIS .....</b>	<b>80</b>
<b>4</b>	<b>PROJETOS ELABORADOS.....</b>	<b>81</b>
<b>4.1</b>	<b>PROJETO GEOMÉTRICO .....</b>	<b>81</b>
4.1.1	Características Técnicas .....	81
4.1.2	Traçado Planimétrico .....	82
4.1.3	Traçado Altimétrico .....	83
4.1.4	Seção Transversal .....	83
4.1.5	Superelevação e Superlargura.....	84
4.1.6	Dispositivo 04.....	84
<b>4.2</b>	<b>PROJETO DE TERRAPLENAGEM .....</b>	<b>85</b>
4.3	CORTES.....	85
4.4	ATERROS.....	88
4.5	SERVIÇOS DE LIMPEZA E DESTOCAMENTO .....	89
4.6	FATOR DE HOMOGENEIZAÇÃO.....	89
4.7	DEP. DE MATERIAIS EXCEDENTES E ÁREAS DE EMPRÉSTIMO .....	89
4.8	FUNDAÇÃO DE ATERROS E BUEIROS.....	89
4.9	ESCAVAÇÕES EXTRAS .....	90
4.10	DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES.....	91
<b>4.11</b>	<b>PROJETO DE CONTENÇÃO E ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES .....</b>	<b>92</b>
4.11.1	Estabilização de Taludes .....	92
4.11.2	Projeto de Contenções.....	116
<b>4.12</b>	<b>PROJETO DE DRENAGEM.....</b>	<b>137</b>
4.12.1	Cadastro e Diagnóstico dos Dispositivos Existentes .....	137
4.12.2	Obras de arte correntes .....	137
4.12.3	Drenagem superficial .....	142
4.12.4	Drenagem pluvial urbana .....	147
4.12.5	Drenagem Subterrânea.....	148
4.12.6	Análise de fundação de bueiros .....	153
4.12.7	Particularidades do segmento de projeto .....	153
4.12.8	Resultados.....	155
<b>4.13</b>	<b>PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO.....</b>	<b>169</b>

---

---

4.14	Parâmetros de tráfego dos Trechos .....	169
4.14.1	Estudos dos subleitos .....	170
4.14.2	Dimensionamento dos Pavimentos .....	170
<b>4.15</b>	<b>PROJETO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS .....</b>	<b>173</b>
<b>4.16</b>	<b>PROJETO DE SINALIZAÇÃO E DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA.....</b>	<b>174</b>
4.16.1	Sinalização Horizontal.....	175
4.16.2	Sinalização Vertical.....	176
4.16.3	Dispositivos Auxiliares .....	178
4.16.4	Dispositivos de Segurança.....	179
<b>4.17</b>	<b>PROJETO DE PAISAGISMO E OBRAS COMPLEMENTARES .....</b>	<b>181</b>
4.17.1	Revestimento Vegetal .....	181
4.17.2	Calçadas em Concreto.....	182
4.17.3	Rampas de Acessibilidade .....	182
4.17.4	Cercas .....	183
<b>4.18</b>	<b>PROJETO DE RELOCAÇÃO DE INTERFERÊNCIAS .....</b>	<b>184</b>
<b>4.19</b>	<b>PROJETO DE ILUMINAÇÃO.....</b>	<b>184</b>
4.19.1	REFERÊNCIAS .....	184
4.19.2	ESQUEMA CONSTRUTIVO .....	185
4.19.3	CRONOGRAMA DE SERVIÇOS .....	186
4.19.4	MATERIAIS.....	186
4.19.5	ESPECIFICAÇÕES EXECUTIVAS .....	193
4.19.6	CANTEIRO DE OBRAS PARA INSTALAÇÕES ELÉTRICAS .....	197
<b>4.20</b>	<b>REDE DE ENERGIA ELÉTRICA.....</b>	<b>197</b>
4.20.1	INTRODUÇÃO .....	197
4.20.2	REFERÊNCIAS .....	198
4.20.3	JUSTIFICATIVA.....	200
4.20.4	ESQUEMA CONSTRUTIVO .....	201
4.20.5	DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS.....	202
4.20.6	MATERIAIS.....	202
4.20.7	ESPECIFICAÇÕES EXECUTIVAS .....	202
4.20.8	CANTEIRO DE OBRAS PARA INSTALAÇÕES ELÉTRICAS .....	204
<b>5</b>	<b>QUANTITATIVOS DE SERVIÇOS.....</b>	<b>205</b>
<b>6</b>	<b>PLANO DE EXECUÇÃO DE OBRA .....</b>	<b>213</b>
<b>6.1</b>	<b>ETAPAS CONSTRUTIVAS.....</b>	<b>213</b>
6.1.1	Serviços Topográficos.....	213
6.1.2	Serviços de Terraplenagem .....	214
6.1.3	Serviços de Drenagem.....	216
6.1.4	Serviços de Pavimentação.....	220

---

---

6.1.5	Serviços de Sinalização e Dispositivos de Segurança .....	235
6.1.6	Serviços de Paisagismo e Obras Complementares.....	240
6.1.7	Serviços de Obras Complementares.....	242
<b>6.2</b>	<b>DESVIO DE OBRA E SEQUÊNCIA EXECUTIVA .....</b>	<b>242</b>
6.2.1	Dispositivo 04.....	242
6.2.2	Bueiro 8825+18,88.....	243
6.2.3	Bueiro 8868 + 12,68.....	245
6.2.4	Bueiro 8868 + 4,34.....	246
<b>6.3</b>	<b>CANTEIRO DE OBRAS E ÁREAS DE APOIO.....</b>	<b>247</b>
<b>6.4</b>	<b>DIAGRAMA LINEAR DE OCORRÊNCIAS.....</b>	<b>251</b>
<b>6.5</b>	<b>CRONOGRAMA DE OBRA .....</b>	<b>252</b>
<b>6.6</b>	<b>LISTA DE EQUIPAMENTOS MÍNIMOS.....</b>	<b>253</b>
<b>7</b>	<b>ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇO.....</b>	<b>255</b>
<b>8</b>	<b>ESPECIFICAÇÕES DE MATERIAIS .....</b>	<b>259</b>
<b>9</b>	<b>PROFISSIONAIS RESPONSÁVEIS .....</b>	<b>263</b>
<b>10</b>	<b>TERMO DE ENCERRAMENTO .....</b>	<b>265</b>

## 1 APRESENTAÇÃO

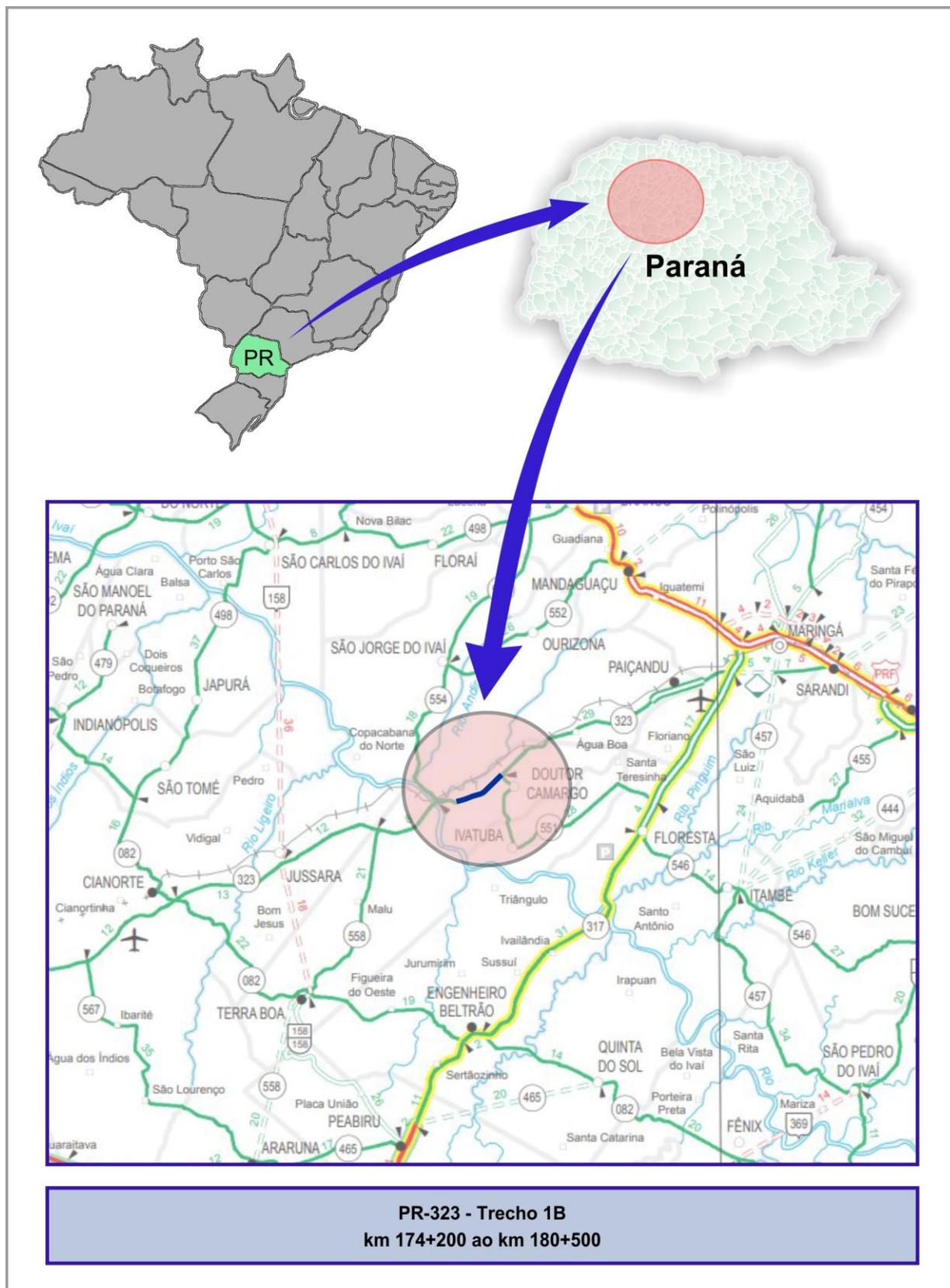
O presente volume tem por objetivo a apresentação do Projeto Executivo para duplicação da rodovia PR-323, através da duplicação da pista existente, implantação de interseção em desnível, implantação de vias marginais, acostamentos, passeios e demais intervenções necessárias no seguinte trecho:

- **Trecho 1B – Duplicação de 6,30 km da PR-323 (km 174,200 ao km 180,500), entre Dr. Camargo e Futura Variante do Rio Ivaí.**

Neste volume, denominado “Volume 1 – Relatório” é apresentado o resumo dos estudos e projetos realizados, os quantitativos de materiais e serviços, e o plano de execução da obra.

Os estudos e projetos foram desenvolvidos seguindo o estabelecido nas normas e manuais de DER/PR e normas da ABNT, e quando não contemplados pelos anteriores, foram seguidos normas e manuais do DNIT.

## 2 MAPA DE SITUAÇÃO



### 3 ESTUDOS REALIZADOS

#### 3.1 ESTUDOS DE TRAÇADO

O projeto se desenvolve na rodovia PR-323, na região Noroeste do Estado do Paraná, em relevo predominantemente ondulado. O trecho de duplicação tem início no km 174+200 e se desenvolve até o km 180+500, resultando em uma extensão total de projeto de 6.300,00 m.

A rodovia foi projetada com características técnicas de "Classe I-A" (classificação do DNIT) em região ondulada, velocidade diretriz de 80 km/h em sua linha geral.

A duplicação é integralmente pelo lado esquerdo da pista existente. Para o desenvolvimento do projeto geométrico, foi adotado preferencialmente o eixo paralelo ao da pista existente a uma distância de 15,20 m.

O traçado altimétrico da duplicação foi projetado buscando o menor desnível possível nos acessos particulares e de forma a não criar desnível excessivo entre pistas mantendo rampa máxima de 4,5%, atendendo aos requisitos de norma respectivos a classe de projeto.

Cabe observar que a pista existente possui rampas com inclinação superior a 4,5%, valor máximo recomendado por norma para rodovias Classe I com relevo ondulado, nas quais não se previu intervenções.

##### ➤ **Dispositivo 04**

Localizado no km 174+600, o dispositivo consiste em uma interseção tipo diamante com readequação da linha geral.

Este dispositivo foi dimensionado para possibilitar que veículos de carga articulados (BT9), conhecido como Bitrem de 9 eixos, com comprimento total de 25 metros, não apresentem dificuldades de manobra em suas conversões.

Neste dispositivo foi projetado uma passagem superior garantindo o gabarito mínimo de 5,50 m, com esconsidade de 25° com a pista principal. Esta esconsidade se deve ao acompanhamento do alinhamento da via existente, e principal acesso de Dr. Camargo, que cruza a rodovia.

O ramo 300 do dispositivo 04 foi considerado uma via marginal, denominada de Marginal 1C. Com uma extensão de 1000 metros. O alinhamento da via com os confrontantes foi adequado a suprir acesso para as indústrias e comércio locais atendendo as demandas da região.

## **3.2 ESTUDOS DE TRÁFEGO**

Os estudos de tráfego apresentados a seguir foram desenvolvidos com o objetivo de permitir a quantificação do tráfego solicitante e a definição dos parâmetros de tráfego necessários ao dimensionamento das soluções de pavimento propostas.

Para se alcançar os objetivos desejados, as seguintes atividades foram desenvolvidas:

- Execução e estudo de contagem volumétrica e classificatória;
- Determinação do tráfego médio diário anual (TMDA) para o ano das contagens realizadas;
- Definição do período de análise e do período de projeto a ser adotado no dimensionamento do pavimento;
- Definição da hipótese de expansão dos volumes de tráfego e projeção do TMDA;
- Definição das cargas por eixos e dos fatores de veículos aplicáveis à frota comercial circulante; e
- Cálculo dos parâmetros de tráfego aplicáveis ao dimensionamento do pavimento.

### **3.2.1 Distribuição dos Veículos**

Os postos de pesquisa volumétrica e classificatória utilizados como base para este estudo foram operados na altura do km 159 da PR-323, para ambos os sentidos, caracterizando bem o tráfego a ser considerado no projeto por estarem em pontos estratégicos de circulação de veículos, assim denominados:

- S1: Maringá - Guaíra; e
- S2: Guaíra - Maringá.

Desta maneira foram classificados e quantificados (TMDA) os tipos de veículos e equiparados às classes de acordo com as recomendações normativas do Manual de Estudos de Tráfego do DNIT/2006.

Os valores do “Número N” de operações do eixo padrão de 8,2 tf foram obtidos a partir da aplicação da fórmula preconizada pelo Manual de Estudos de Tráfego do DNIT/2006, onde o fator direcional (K) de 0,85 é aplicado para o caso de pista dupla com 2 faixas de tráfego, obtendo os valores de 85% do TMDA.

### 3.2.2 Número de Solicitações do Eixo Padrão

Para o cálculo do “Número N” o período de projeto é de 10 anos, com a abertura da pista ao tráfego definida para o ano de 2021. Desta forma adotou-se o TDMA (para o ano de 2021) no posto de contagem, a saber:

- Trecho 1B, utilizou-se o tráfego que corresponde ao ponto do km 159 – S2.

Em relação às taxas anuais de crescimento, utilizaram-se dados e estudos desenvolvidos em relação ao crescimento da economia do Brasil, que reflete diretamente no volume de tráfego de veículos comerciais. Assim, utilizou-se a taxa de crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) e suas expectativas taxas para anos seguintes, nas quais não se diferem para Veículos de carga e Ônibus.

A tabela a seguir sintetiza as taxas utilizadas do ano de contagem (2015) até o ano de projeto (2030):

Tabela 1: Taxas de Crescimento (2015-2030)

TAXA DE CRESCIMENTO									
Ano	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023 - 2030
Carga	-3,55%	1,06%	1,12%	0,94%	2,17%	2,58%	2,59%	2,51%	2,50%
Ônibus	-3,55%	1,06%	1,12%	0,94%	2,17%	2,58%	2,59%	2,51%	2,50%

Com relação as cargas adotou-se a Resolução 526/15 de 29 de abril de 2015 do CONTRAN, a seguir sintetizada para cada tipo de eixo:

Tabela 2: Eixos x Cargas – Veículos Comerciais

EIXO TIPO	CARGA (t) VAZIO	CARGA (t) MEIA CARGA	CARGA (t) CARREGADO	CARGA (t) CARREGADO + 10%	CARGA (t) SOBRECARGA 12,5%
SRS	2,00	3,00	6,00	6,60	6,75
SRD	3,33	5,00	10,00	11,00	11,25
TD	5,67	8,50	17,00	18,70	19,13
TT	8,50	12,75	25,50	28,05	28,69
CED	4,00	6,00	12,00	13,20	13,50
TD (6)	4,50	6,75	13,50	14,85	15,19

Onde:

- VAZIO - Peso aproximado da tara dos eixos dos veículos, considerado 1/3 (um terço) do Peso Máximo por Eixo estabelecido pela Resolução 210/06 do CONTRAN;
- MEIA CARGA - Peso aproximado da tara dos eixos dos veículos mais uma parte de carga, considerado ½ (um meio) do Peso Máximo por Eixo estabelecido pela Resolução 210/06 do CONTRAN;
- CARREGADO - Peso Máximo por Eixo, estabelecido pela Resolução 210/06 do CONTRAN;
- CARREGADO +10,0% - Peso Máximo por Eixo, estabelecido pela Resolução 210/06 do CONTRAN, com acréscimo de 10,0% no Peso Bruto Total (PBT), conforme Resolução 526/15 do CONTRAN; e
- SOBRECARGA 12,5% - Peso Máximo por Eixo, estabelecido pela Resolução 210/06 do CONTRAN, com acréscimo de 12,5% no Peso Bruto Total (PBT), conforme Resolução 526/15 do CONTRAN.

O cálculo dos fatores de veículos foi desenvolvido segundo as metodologias AASHTO e USACE, mediante emprego das expressões constantes da Publicação Manual de Estudos de Tráfego do DNIT/2006 e admitindo-se os seguintes percentuais de carregamento:

Tabela 3: Percentuais de Carregamento – Veículos Comerciais

% DE CARREGAMENTO	
VAZIO	5%
MEIA CARGA	10%
CARREGADO	60%
CARGA + 10.0%	20%
SOBRECARGA 12.5%	5%

Os valores do “Número N” de operações do eixo padrão de 8,2 tf foram obtidos a partir da aplicação da fórmula preconizada pelo Manual de Estudos de Tráfego do DNIT/2006:

$$N_i = 365 \times TMDA \times K \times FV \times FR$$

Onde,

- N - número equivalente de operações do eixo-padrão de 8,2t para o ano “i”;
- TMDA - volume médio diário anual de tráfego comercial (ônibus e caminhões) ocorrente;
- K - Fator Direcional, de 0,85 para o caso de pista dupla com 2 faixas por pista;
- FV - Fatores de Veículos da frota; e
- FR - Fator Climático Regional, igual a 1,0.

Na sequência são apresentados os valores do “Número N” (AASHTO e USACE) que serão utilizados para o dimensionamento das estruturas dos pavimentos.

Tabela 4: Resumo Número “N”

RESUMO "NÚMERO N"		
POSTO DE CONTAGEM	AASHTO	USACE
Trecho 1B	2,16E+07	8,21E+07

Também houve a necessidade de se determinar o “Número N” de dispositivos, como: Acostamentos, Vias marginais, Interseções e Retornos. Para a determinação do

volume de tráfego nestes dispositivos, que serão implantados, se estabeleceu um percentual em relação ao tráfego da linha geral, a saber:

- Os acostamentos e Vias marginais igual a cinco por cento do tráfego da Linha Geral; e
- Interseções e Retornos igual a cem por cento da Linha Geral do ano de 2020 e cinquenta por cento da Linha Geral a partir do ano de abertura, ano de 2021. Este critério baseia-se na premissa de que o tráfego da pista será direcionado para as alças das interseções quando forem executadas as obras na pista (linha geral), ou seja, estes dispositivos serão utilizados no “desvio de tráfego”.

Na tabela a seguir são apresentados de forma sintética os valores de “Número N” obtidos para cada caso:

Tabela 5: Resumo Número “N” por tipo de melhoria

LOCAIS	TRECHO 1B	
	N AASHTO	N USACE
LINHA GERAL	2,16E+07	8,21E+07
ACOSTAMENTO	1,08E+06	4,10E+06
MARGINAIIS	1,08E+06	4,10E+06
INTERSEÇÕES/RETORNOS	1,49E+07	5,66E+07

### 3.3 AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE RODOVIAS

A avaliação econômica de rodovia foi desenvolvida de modo a definir o tipo de estrutura a ser considerada no projeto de pavimentação. Salienta-se que tal avaliação decorre por ocasião do projeto original.

A avaliação econômica da solução técnica adotada (AESTA) é a análise comparativa entre os custos e/ou premissas previstas e obtidas com base em dados reais e recentes de projetos de engenharia. A AESTA verifica se a alternativa definida tecnicamente é economicamente viável.

Destaca-se que o projeto de duplicação da rodovia PR-323 engloba um conjunto de melhoramentos introduzidos em uma rodovia existente, compreendendo alterações de características geométrica do traçado e da seção transversal, alargamento de plataforma e de acostamentos, duplicação de pista, construção ou ampliação de vias laterais, implantação de faixas adicionais, construção ou modificação de interseções e acessos, incorporação ou modificação ou reforço de obras de arte especiais e melhorias de drenagem. Tem por objetivo suprimir pontos críticos, melhorar a funcionalidade operacional, aumentar a fluidez e a segurança de tráfego de veículos e de pedestres.

O embasamento técnico da Avaliação Econômica de Rodovias foi desenvolvido e justificado com a avaliação dos Estudos de Tráfego e Premissas utilizadas no Projeto de Pavimentação, a saber.

### **3.3.1 Estudos de Tráfego**

Os estudos de tráfego realizados foram desenvolvidos com o objetivo de permitir a quantificação do tráfego solicitante e a definição dos parâmetros de tráfego necessários ao dimensionamento das soluções propostas.

Destaca-se que para alcançar os objetivos desejados, as seguintes atividades foram desenvolvidas:

- Execução e estudo de contagem volumétrica e classificatória;
- Determinação do tráfego médio diário anual (TMDA) para o ano das contagens realizadas;
- Definição do período de análise e do período de projeto a ser adotado no dimensionamento do pavimento;
- Definição da hipótese de expansão dos volumes de tráfego e projeção do TMDA;
- Definição das cargas por eixos e dos fatores de veículos aplicáveis à frota comercial circulante; e
- Cálculo dos parâmetros de tráfego aplicáveis ao dimensionamento do pavimento.

Com base na determinação e caracterização do tráfego existente (atual) determinou-se o tráfego futuro para um horizonte de projeto igual a 10 anos.

Em relação às taxas anuais de crescimento, utilizaram-se dados e estudos desenvolvidos em relação ao crescimento da economia do Brasil, que reflete diretamente no volume de tráfego de veículos comerciais. Assim, utilizou-se a taxa de crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) e suas expectativas taxas para anos seguintes, nas quais não se diferem para Veículos de carga e Ônibus. A tabela a seguir sintetiza as taxas utilizadas do ano de contagem (2015) até o ano de projeto (2029):

Tabela 6: Taxas de Crescimento (2015-2030)

TAXA DE CRESCIMENTO									
Ano	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023 - 2030
Carga	-3,55%	1,06%	1,12%	0,94%	2,17%	2,58%	2,59%	2,51%	2,50%
Ônibus	-3,55%	1,06%	1,12%	0,94%	2,17%	2,58%	2,59%	2,51%	2,50%

Os valores do “Número N” de operações do eixo padrão de 8,2 tf foram obtidos a partir da aplicação da fórmula preconizada pelo Manual de Estudos de Tráfego do DNIT/2006, onde o fator direcional (K) de 0,85 é aplicado para o caso de pista dupla com 2 faixas de tráfego, obtendo os valores de 85% do TMDA.

Com relação as cargas adotou-se a Resolução 526/15 de 29 de abril de 2015 do CONTRAN, a seguir sintetizada para cada tipo de eixo:

Tabela 7: Eixos x Cargas – Veículos Comerciais

EIXO TIPO	CARGA (t) VAZIO	CARGA (t) MEIA CARGA	CARGA (t) CARREGADO	CARGA (t) CARREGADO + 10%	CARGA (t) SOBRECARGA 12.5%
SRS	2,00	3,00	6,00	6,60	6,75
SRD	3,33	5,00	10,00	11,00	11,25
TD	5,67	8,50	17,00	18,70	19,13
TT	8,50	12,75	25,50	28,05	28,69
CED	4,00	6,00	12,00	13,20	13,50
TD (6)	4,50	6,75	13,50	14,85	15,19

Onde:

- VAZIO - Peso aproximado da tara dos eixos dos veículos, considerado 1/3 (um terço) do Peso Máximo por Eixo estabelecido pela Resolução 210/06 do CONTRAN;
- MEIA CARGA - Peso aproximado da tara dos eixos dos veículos mais uma parte de carga, considerado 1/2 (um meio) do Peso Máximo por Eixo estabelecido pela Resolução 210/06 do CONTRAN;
- CARREGADO - Peso Máximo por Eixo, estabelecido pela Resolução 210/06 do CONTRAN;
- CARREGADO +10,0% - Peso Máximo por Eixo, estabelecido pela Resolução 210/06 do CONTRAN, com acréscimo de 10,0% no Peso Bruto Total (PBT), conforme Resolução 526/15 do CONTRAN; e
- SOBRECARGA 12,5% - Peso Máximo por Eixo, estabelecido pela Resolução 210/06 do CONTRAN, com acréscimo de 12,5% no Peso Bruto Total (PBT), conforme Resolução 526/15 do CONTRAN.

O cálculo dos fatores de veículos foi desenvolvido segundo as metodologias AASHTO e USACE, mediante emprego das expressões constantes da Publicação Manual de Estudos de Tráfego do DNIT/2006 e admitindo-se os seguintes percentuais de carregamento:

Tabela 8: Percentuais de Carregamento – Veículos Comerciais

% DE CARREGAMENTO	
VAZIO	5%
MEIA CARGA	10%
CARREGADO	60%
CARGA + 10.0%	20%
SOBRECARGA 12.5%	5%
BALANÇA	0%

Por fim, utilizou-se como referência o documento IP – 02/2004 CLASSIFICAÇÃO DA VIAS da Prefeitura de São Paulo. Neste, o objetivo desse documento é apresentar as diretrizes para a classificação de vias em função do tráfego, da geometria e do uso do solo do entorno de vias urbanas da Prefeitura do Município de São Paulo. Salienta-se que tal documento foi utilizado de modo a obter parâmetros correlatos na estimativa dos Volumes Médios Diários Anuais.

Em específico, utilizou-se o QUADRO 2.1 – Classificação das vias e parâmetros de tráfego, para a avaliação e comparação do Número “N” determinado nos estudos de tráfego do projeto em questão.

Tabela 9: Quadro 2.1 - IP – 02/2004 CLASSIFICAÇÃO DA VIAS

Função predominante	Tráfego previsto	Vida de projeto	Volume inicial faixa mais carregada		Equivalente / Veículo	N	N característico
			Veículo Leve	Caminhão/Ônibus			
Via local	LEVE	10	100 a 400	4 a 20	1,50	2,70 x 10 <sup>5</sup> a 1,40 x 10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>
Via Local e Coletora	MÉDIO	10	401 a 1500	21 a 100	1,50	1,40x 10 <sup>5</sup> a 6,80x 10 <sup>5</sup>	5 x 10 <sup>5</sup>
Vias Coletoras e Estruturais	MEIO PESADO	10	1501 a 5000	101 a 300	2,30	1,4 x 10 <sup>6</sup> a 3,1 x 10 <sup>6</sup>	2 x 10 <sup>6</sup>
	PESADO	12	5001 a 10000	301 a 1000	5,90	1,0 x 10 <sup>7</sup> a 3,3 x 10 <sup>7</sup>	2 x 10 <sup>7</sup>
	MUITO PESADO	12	> 10000	1001 a 2000	5,90	3,3 x 10 <sup>7</sup> a 6,7 x 10 <sup>7</sup>	5 x 10 <sup>7</sup>
Faixa Exclusiva de Ônibus	VOLUME MÉDIO	12		< 500		3 x 10 <sup>6</sup> (1)	10 <sup>7</sup>
	VOLUME PESADO	12		> 500		5 x 10 <sup>7</sup>	5 x 10 <sup>7</sup>

De modo geral, a avaliação realizada considerando apenas os parâmetros de tráfego permite estabelecer que não há mudanças e/ou alterações significativas que impactem diretamente nas estruturas dos pavimentos.

Resta, portanto, saber se há interferências econômicas devido ao Projeto de Pavimentação.

### 3.3.2 Projeto de Pavimentação

O projeto de pavimentação seguiu as considerações a saber:

- Parâmetros de tráfego;
- Características geotécnicas dos materiais ocorrentes no subleito e ocorrências de materiais selecionadas ao longo dos trechos;
- Disponibilidade de materiais locais com potencialidade para a composição de camadas estruturais de base e sub-base;
- Disponibilidade de agregados e filler para a composição das misturas asfálticas;
- Disponibilidade de ligantes para a formação de pinturas asfálticas e das misturas asfálticas; e
- Características geométricas projetadas para a nova pista e para as interseções, retornos e marginais previstas.

O dimensionamento das estruturas propostas no projeto de pavimentação considerou o emprego do método empírico de dimensionamento de pavimentos flexíveis oficializado pelo DNIT (Manual de Pavimentação, 2006) e da aplicação da verificação mecânica.

Para a verificação mecânica 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 projeto de pavimentação, desenvolvido através das premissas supracitadas, concluiu que as estruturas resultantes são as mesmas do projeto original.

Deste modo, a avaliação econômica realizada única e exclusivamente sobre os parâmetros de tráfego e projeto de pavimentação demonstram que as estruturas de pavimentos permanecem semelhantes ao projeto original.

### 3.3.3 Projeto de Pavimentação

O projeto de pavimentação seguiu as considerações a saber:

- Parâmetros de tráfego;
- Características geotécnicas dos materiais ocorrentes no subleito e ocorrências de materiais selecionadas ao longo dos trechos;
- Disponibilidade de materiais locais com potencialidade para a composição de camadas estruturais de base e sub-base;
- Disponibilidade de agregados e filler para a composição das misturas asfálticas;
- Disponibilidade de ligantes para a formação de pinturas asfálticas e das misturas asfálticas; e
- Características geométricas projetadas para a nova pista e para as interseções, retornos e marginais previstas.

O dimensionamento das estruturas propostas no projeto de pavimentação considerou o emprego do método empírico de dimensionamento de pavimentos flexíveis oficializado pelo DNIT (Manual de Pavimentação, 2006) e da aplicação da verificação mecânica.

Para a verificação mecânica 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 projeto de pavimentação, desenvolvido através das premissas supracitadas, concluiu que as estruturas resultantes são as mesmas do projeto original.

Deste modo, a avaliação econômica realizada única e exclusivamente sobre os parâmetros de tráfego e projeto de pavimentação demonstram que as estruturas de pavimentos permanecem semelhantes ao projeto original.

### **3.4 ESTUDOS TOPOGRÁFICOS**

Para elaboração dos estudos referentes à duplicação da PR-323 foi gerada uma base topográfica composta por uma rede de referência planialtimétrica, base cartográfica e levantamentos topográficos complementares.

#### **3.4.2 REDE DE REFERÊNCIA IMPLANTADA**

Para georreferenciar todos os levantamentos realizados ao longo da área do projeto, Trecho 1B, foi implantada uma Rede de referência constituída por pares de vértices intervisíveis, distribuídos aproximadamente a cada 5 km, em locais estratégicos, privilegiando a proximidade com interseções e outras obras especiais, de forma a facilitar a futura locação da obra.

A implantação de vértices em de pares foi planejada de maneira a permitir sua utilização como saída no levantamento de poligonais e no controle de fechamento das mesmas.

Observa-se que estes vértices localizados no trecho 1B fazem parte de uma poligonal mais extensa composta por 20 vértices, a qual abrange também outros segmentos da rodovia. No segmento há 4 vértices, ou seja, dois pares localizados logo no início e junto ao fim do segmento da rodovia em estudo.

Os vértices implantados foram materializados através de marcos de concreto, no formato tronco-piramidal, com chapa metálica no seu topo.

A determinação das coordenadas planimétricas dos vértices da Rede implantada foi realizada através do levantamento de poligonal utilizando receptores GNSS de dupla frequência, marca Javad, modelo Triumph-1, utilizando vértices “SATs” de alta precisão, pertencentes ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), como saída e chegada das poligonais implantadas.

Como resultados deste levantamento foram obtidos as coordenadas planimétricas e a altitude geométrica (referenciada ao elipsóide).

As altitudes ortométricas da rede de referência foram obtidas por nivelamento geométrico dos vértices implantados, referenciado à Rede Altimétrica do IBGE (RRNN).

A monografia dos vértices é apresentada em anexo ao relatório.

A seguir apresentamos as poligonais implantadas, as diferenças de coordenadas encontradas no vértice de chegada e a precisão relativa atingida.

### **3.4.3 BASE CARTOGRÁFICA**

A Base cartográfica foi gerada a partir de levantamento aerofotogramétrico e perfilamento laser realizados no ano de 2015.

O levantamento aerofotogramétrico compreendeu o recobrimento e imageamento da área de interesse do projeto com GSD de 10cm a partir do qual foi feita a restituição estereofotogramétrica dos elementos de hidrografia e sistema viário bem como a geração de ortofotos, estas também com GSD de 10cm.

Já a base altimétrica, composta por curvas de nível de 1x1 metro, foi gerada à partir do perfilamento laser executado com uma densidade planejada de 5ppm<sup>2</sup>.

## **3.5 LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS COMPLEMENTARES**

Os levantamentos topográficos complementares visaram atender o nível de detalhamento cuja obtenção a partir da base cartográfica não é possível, ou resulta num nível de precisão baixo. Assim, foram obtidos os seguintes elementos:

- Levantamento e nivelamento de pontos dos bordos das pistas existentes para possibilitar os encaixes em locais de interseções, retornos, acesso e terceiras faixas e, também, para possibilitar o conhecimento dos valores de declividades transversais implantadas, em tangentes e curvas.

- Levantamento cadastral simplificado de bueiros com o objetivo de identificar a localização das OAC's seu tipo e material e a cota das geratrizes inferiores de montante e jusante, de forma a se obter a declividade, necessária a verificação de capacidade dos dispositivos existentes/prolongados. Observa-se que nesta fase não foi executado um levantamento cadastral detalhado, ou seja, não foram avaliadas e/ou cadastradas informações acerca da integridade estrutural e do estado de conservações;
- Levantamento de locais das pontes, com o objetivo de se obter a seção transversal do corpo hídrico e caimento da linha d'água para subsidiar o estudo de cheias verificação das obras existentes e dimensionamento das novas pontes;

### **3.6 ESTUDOS DE SEGURANÇA DE TRÂNSITO**

Com a finalidade de avaliar as condições de operação da PR-323 do ponto de vista da segurança dos usuários, foram analisados, no segmento que compreende o Trecho 1B, os dados de acidentes verificados entre o ano de 2014 e 2019, com base nos relatórios de acidentes disponibilizados pelo DER-PR.

Esse estudo também considera que analisando-se acidentes viários dificilmente será possível a atribuição de sua ocorrência a uma única causa. A grande maioria dos fatores contribuintes para a ocorrência do acidente pode ser enquadrada nos seguintes componentes: componente humano, componente veicular, componente viário e componente ambiental. No componente humano destaca-se o uso de álcool, manobras de risco e excesso de velocidade. O componente veicular refere-se a fatores relacionados ao veículo, como condição dos freios e pneus. Quanto ao componente viário estão incluídas as condições da geometria da rodovia e condições adjacentes a ela. Finalmente, o componente ambiental considera as condições climáticas como chuva, neblina e luminosidade.

Ressalta-se que o maior responsável pelos acidentes é o componente humano, e que, no entanto, este não pode ser visto sem a associação dos outros componentes.

Considerando os dados disponíveis, essa análise se restringirá aos componentes viários, contemplando, portanto, a detecção de problemas de segurança viária existentes na rodovia, com base na concentração de acidentes existente no segmento em estudo, tendo como objetivo avaliar e definir soluções para os problemas existentes identificados, assegurando que os projetos desenvolvidos incluam as medidas necessárias para a minimização dos riscos de ocorrência de acidentes no segmento.

### 3.6.1 Visão Geral do Trecho

O segmento localizado entre o km 174 e 181 da rodovia PR-323 apresenta pista simples, com duas faixas de rolamento e acostamentos externos. O traçado altimétrico apresenta relevo ondulado com rampas variando entre 1% e 5,9%. Seu traçado horizontal é composto por curvas adequadas para a velocidade de 80 km/h, com raio mínimo de 230 metros.

No km 174+600 localiza-se o entroncamento com a PR-551, que dá acesso à Doutor Camargo. Atualmente o dispositivo é em nível e apresenta a configuração de rótula vazada.

Figura 1: Entroncamento com a PR-551

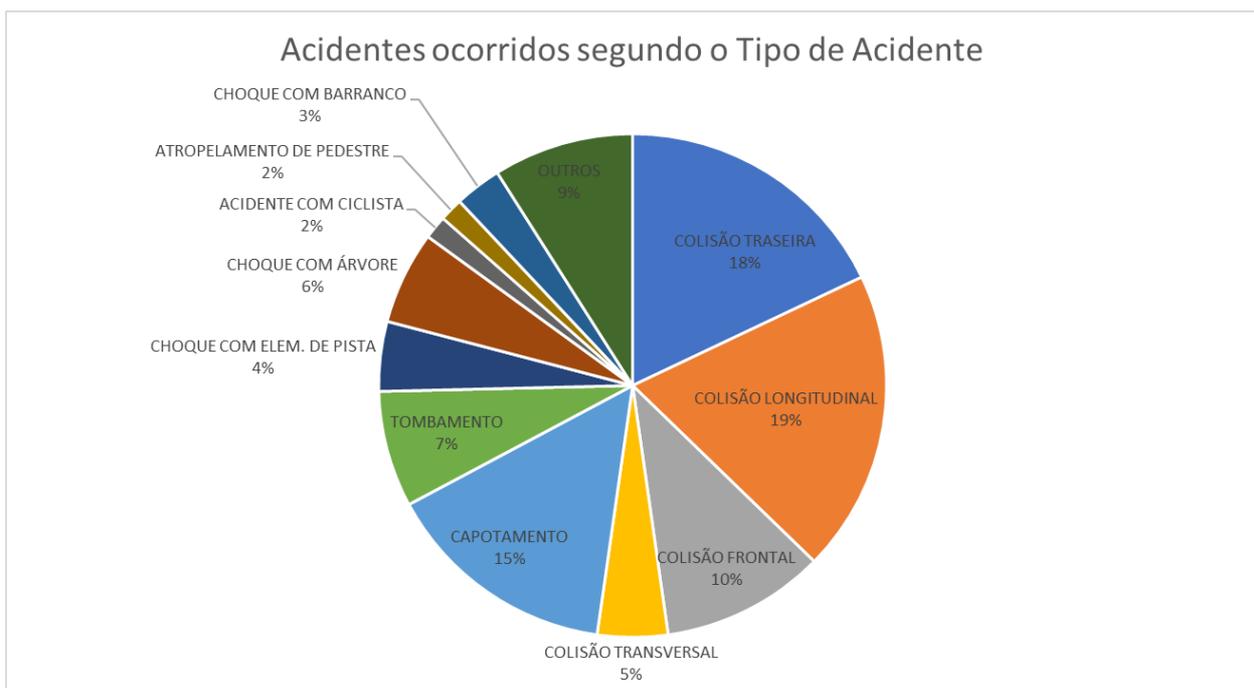


O segmento é caracterizado por uma grande quantidade de acessos, totalizando cerca de 40 acessos, na sua maioria propriedades rurais lindeiras à rodovia.

Tendo como base os dados disponibilizados pelo DER-PR, que contém os acidentes ocorridos entre a data de 01/01/2014 e 26/11/2019, a PR-323 apresentou no total 67 acidentes, sendo que 7 deles apresentaram morte, 28 com feridos, e 32 sem vítimas.

Os tipos de acidente que mais ocorreram no período avaliado foram as colisões longitudinal, representando cerca de um a cada cinco acidentes ocorridos, seguidas das colisões traseiras e frontais, que representam cerca de 18% e 10% dos acidentes ocorridos, respectivamente. O gráfico apresentado a seguir demonstra a distribuição dos acidentes ocorridos no período segundo a tipologia.

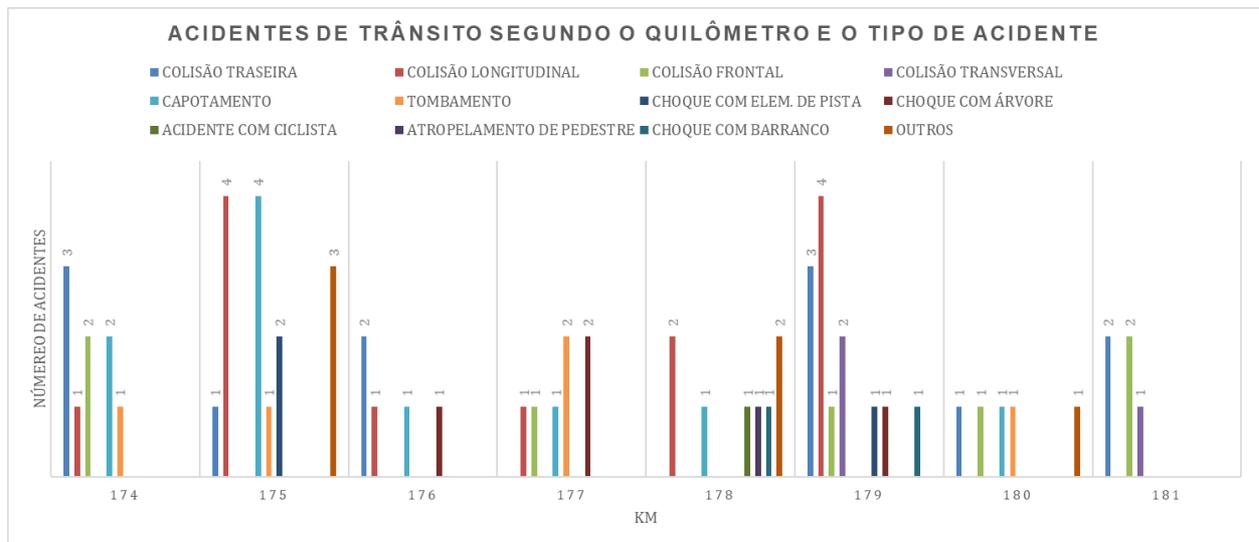
Figura 2: Gráfico dos Acidentes Ocorridos Segundo o Tipo



O tipo do acidente será muito importante para a avaliação dos pontos críticos, pois servirão de base para a análise das causas mais prováveis dos acidentes ocorridos nesses locais.

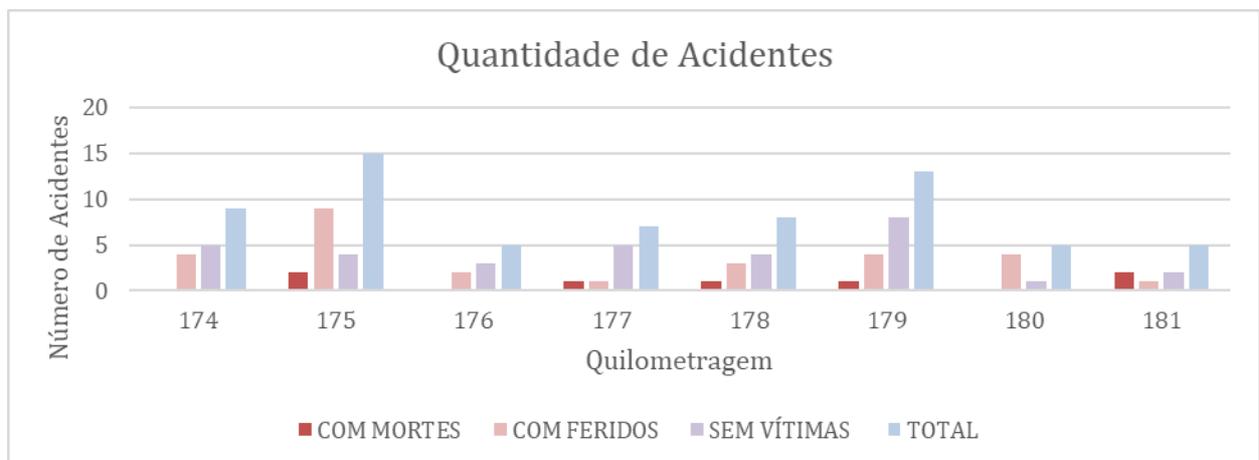
O gráfico apresentado a seguir demonstra os acidentes de trânsito ocorridos segundo o quilômetro e o tipo de acidente.

Figura 3: Gráfico dos Acidentes Segundo o Quilômetro e o Tipo de Acidente



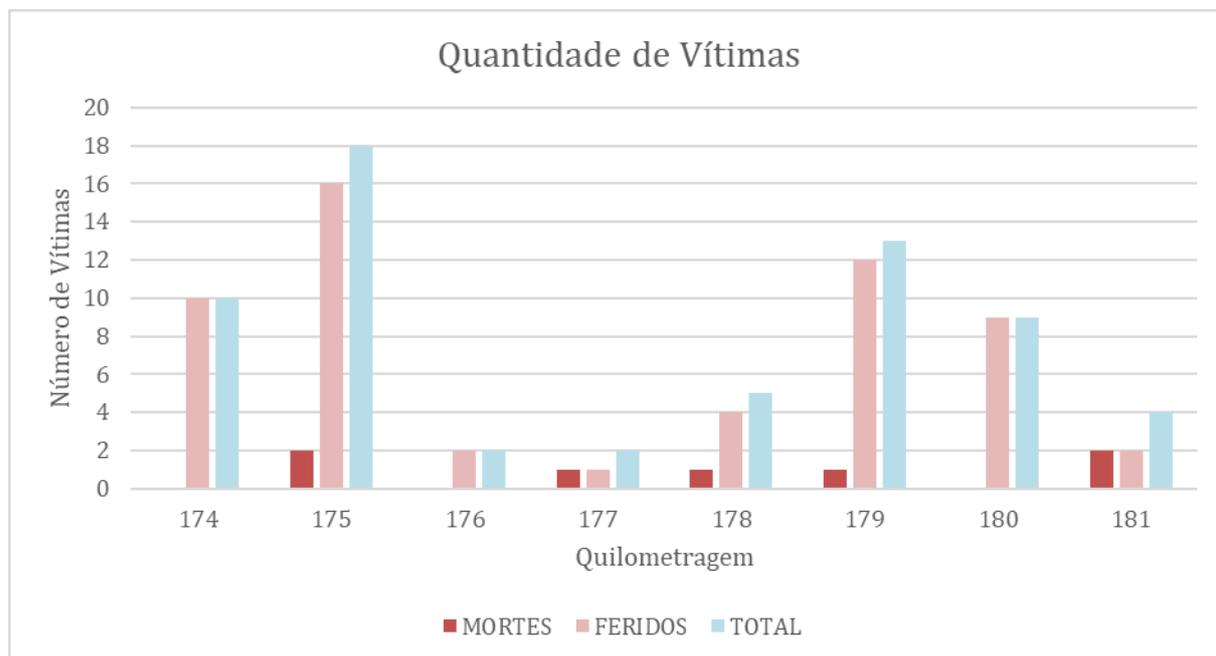
A distribuição espacial dos acidentes pode ser visualizada no gráfico apresentado a seguir.

Figura 4: Gráfico com a Quantidade de Acidentes por Quilômetro



Com base na análise dos dados constata-se que as quilometragens que apresentam maior incidência de acidentes encontram-se nos quilômetros 175 e 179, que além de apresentarem maior número de acidentes no total, foram os que tiveram maior quantidade de acidentes com vítimas, conforme apresentado no gráfico.

Figura 5: Gráfico com a Quantidade de Vítimas por Quilômetro

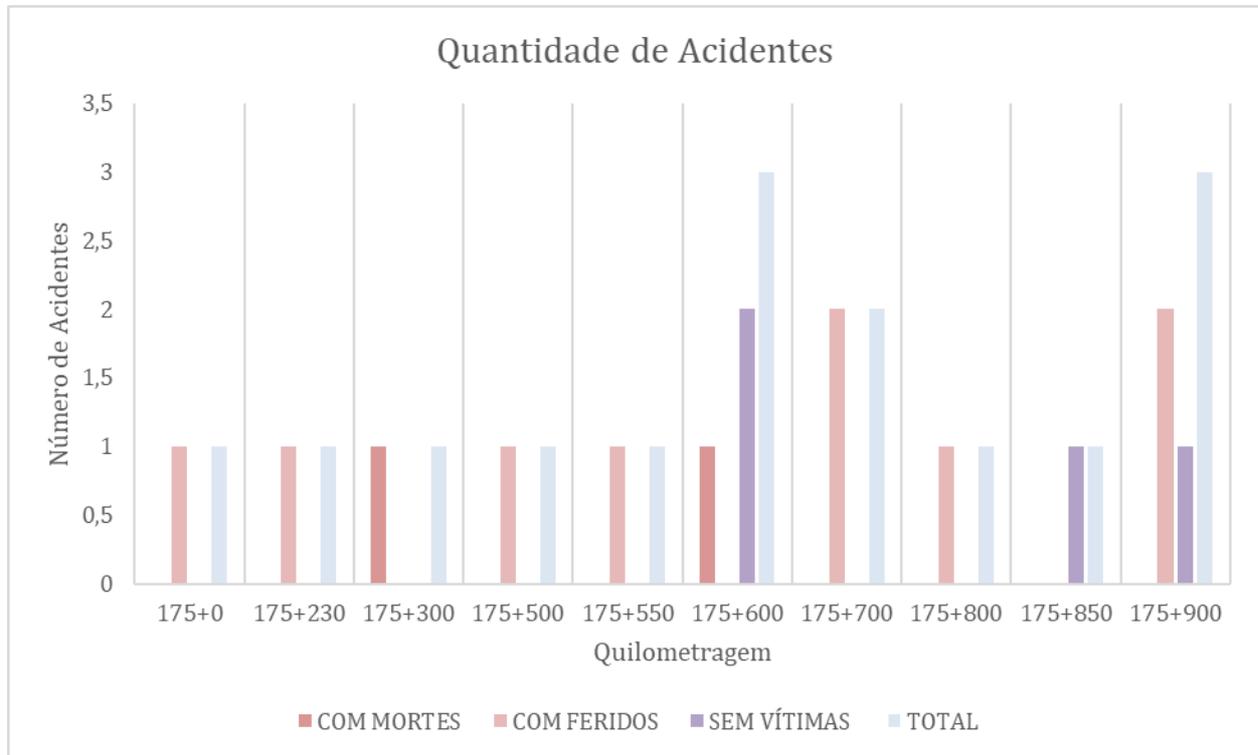


O item a seguir tem como objetivo analisar os locais que apresentaram maior quantidade de acidentes nos quilômetros 175 e 179, para que sejam avaliados possíveis problemas viários nos locais.

### 3.6.2 Locais Concentradores de Acidentes

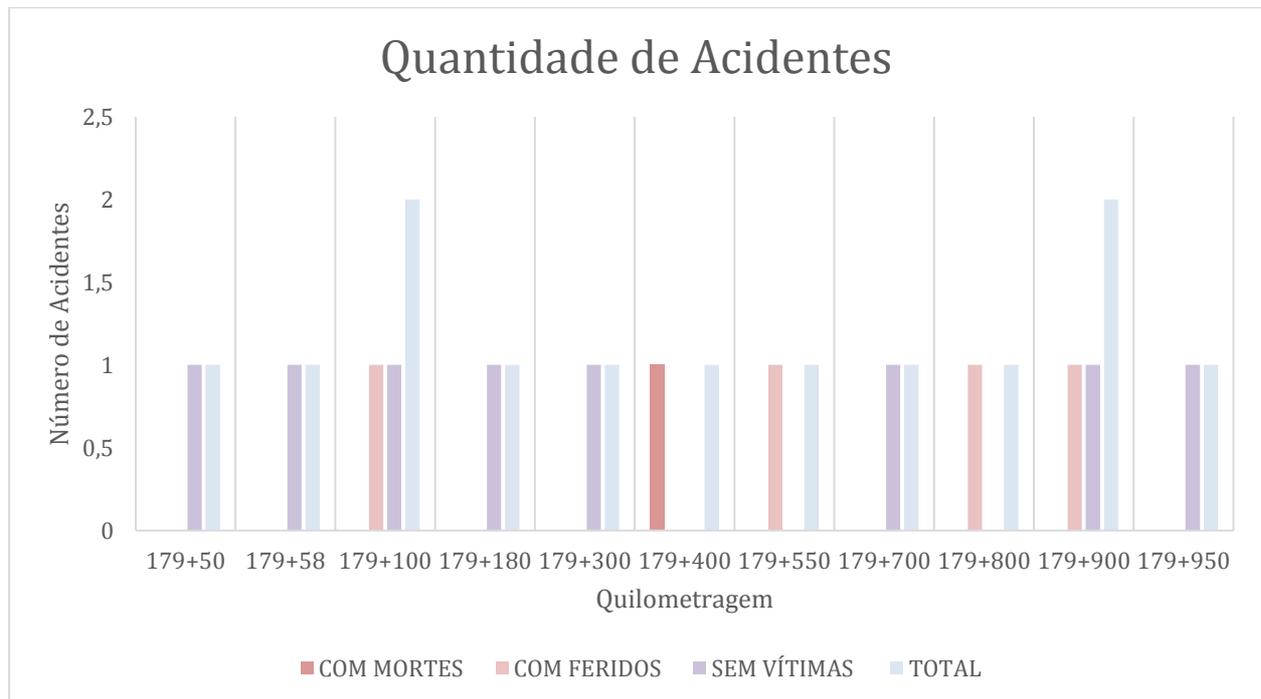
O segmento do quilômetro 175 contou com cerca de 22% dos acidentes ocorridos no trecho analisado. Em números totais, os locais que mais apresentaram acidentes no quilômetro foram no km 175+600 e 175+900, conforme apresentado no gráfico a seguir.

Figura 6: Gráfico com a Quantidade de Acidentes por Quilômetro



Com aproximadamente 19% dos acidentes ocorridos no segmento analisado, o trecho do quilômetro 179 apresentou maior número de acidentes nos pontos do km 179+100 e km 179+900, o gráfico apresentado a seguir demonstra a distribuição dos acidentes ocorridos nesse segmento.

Figura 7: Gráfico com a Quantidade de Acidentes por Quilômetro



Tendo como base os dados avaliados, a seguir serão analisados os quatro pontos que apresentaram maior número de acidentes, nesses pontos serão avaliadas as condições existentes em ambos os pontos confrontando os dados de acidentes e as condições viárias locais.

### 3.6.3 Km 175+600

O km 175+600 contabiliza três acidentes, um deles com capotamento, outro com choque com elemento da pista, e um terceiro com tipo classificado como “outros”. Geometricamente o ponto está localizado em uma tangente longa, inserido em uma rampa de 2,30%. A velocidade regulamentada do local é de 110 km/h para veículos leves, e 90 km/h para veículos pesados. Os taludes adjacentes a pista de rolamento são do tipo recuperáveis, sem a necessidade de contenção longitudinal considerando esse critério.

A intermediação desse local é caracterizada pelo término da permissão de ultrapassagem para o sentido crescente de quilometragem, enquanto o outro sentido apresenta linha do eixo seccionada com boa visibilidade para a execução de ultrapassagens.

Figura 8: Sentido crescente de quilometragem



Figura 9: Sentido decrescente de quilometragem



O local é caracterizado por uma grande quantidade de árvores às margens da rodovia a distâncias inferiores à da zona livre necessária, sem a presença de dispositivos de contenção lateral.

Também se verifica a existência de dois acessos em nível no km 175+730, em ambos os lados da rodovia, esse ponto se caracteriza por uma distância de visibilidade de aproximadamente 100 m, a qual, segundo o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNIT (Classe I-B e velocidade diretriz de 100 km/h) deveria ser de 155 m.

Figura 10: Acessos em ambos os lados da rodovia no km 175+730



Tendo-se em vista as condições existentes no ponto analisado, e os tipos de acidentes que ocorreram nas proximidades desse ponto (capotamento, choque com elemento da pista, e “outros”), verifica-se que não é possível avaliar uma causa principal para os acidentes com as informações disponibilizadas. Considerando-se a condição planimétrica da via, a altura reduzida e a suavidade dos taludes existentes no local, não há evidências que um capotamento poderia estar ligado a tais características. Como indicado anteriormente, há uma grande quantidade de árvores muito próximas da pista, o que poderia ser a causa de um dos acidentes.

Dessa forma, conclui-se que não é possível apontar um único fator viário que possa ter condicionado os acidentes ocorridos. Ressalta-se que problemas identificados, como a inexistência de contenção lateral em locais com árvores na zona livre, assim como problemas de visibilidade serão solucionados no projeto executivo de duplicação da rodovia.

### 3.6.4 Km 175+900

Esse ponto localiza-se muito próximo ao ponto crítico avaliado anteriormente. Geometricamente, o local encontra-se no ponto alto de uma curva, com traçado longitudinal em tangente. A seção transversal da rodovia encontra-se em corte, com taludes de aproximadamente 3 metros de altura. A sinalização horizontal do local apresenta linha de eixo dupla, sem permissão de ultrapassagem.

Figura 11: Sentido decrescente da quilometragem



Com base nos dados de acidentes ocorridos no local, dois deles foram do tipo colisão longitudinal e um capotamento. Analisando-se as condições locais, infere-se que as colisões longitudinais que ocorreram nesse local se devem a tentativas indevidas de ultrapassagem. No caso do acidente com capotamento, não há evidências de que

possa ter sido resultante de algum problema viário existente, podendo ter sido desencadeado também pela tentativa de ultrapassagem em local indevido, ou até mesmo pelo excesso de velocidade, falta de atenção, pneus sem condições de uso, além de fatores climáticos, como chuva intensa.

### 3.6.5 Km 179+100

O km 179+100 está localizado em uma tangente, em uma rampa de aproximadamente 3%. A sinalização do local, apesar de apresentar acessos às margens da rodovia, é do tipo tracejada, permitindo-se ultrapassagens.

No período analisado foram constatados dois acidentes, um deles provocado pelo choque com elemento da pista, e outro por uma colisão transversal.

Verifica-se a existência de postes da rede elétrica ao lado da rodovia, os quais possam ter provocado um dos acidentes constatados.

Figura 12: Postes localizados ao lado da rodovia (sentido decrescente de quilometragem)



As intermediações do km 179+100 apresenta uma grande quantidade de acessos a rodovia, sendo a maioria propriedades rurais. Entende-se que a colisão transversal

ocorrida nesse quilômetro se deva a tentativa de algum veículo proveniente dos acessos fazer a tentativa de entrar ou até mesmo transpor a rodovia.

Figura 13: Planta com os acessos existentes nas proximidades do km 179+100



Tendo-se em vista as constatações apresentadas e as propostas de melhorias previstas no projeto executivo de duplicação do trecho, conclui-se que as possíveis causas dos acidentes constatados nesse local serão minimizadas com o reforço da sinalização do local e com a implantação de dispositivos de contenção lateral em obstáculos situados dentro da zona livre. Tais projetos terão como premissa o atendimento as normas de segurança vigente, para a minimização de acidentes.

### 3.6.6 Km 179+900

O km 179+900 localiza-se em tangente com rampa de 0,8%, a sinalização horizontal do eixo é do tipo tracejada, permitindo-se a ultrapassagem. O local apresenta acesso a um restaurante ao lado esquerdo da rodovia, e outro a uma propriedade ao lado direito.

Figura 14: Sentido crescente da quilometragem



Os acidentes constatados nesse local foram uma colisão frontal e outra traseira. Com base na análise das condições viárias existentes, infere-se que estes acidentes tenham sido provocados por fatores humanos, como excesso de velocidade, já que o local apresenta boa visibilidade, sem problemas viários que possam ter sido a causa dos acidentes.

### **3.6.7 Conclusão**

Com base nas análises dos pontos críticos realizada, conclui-se que a causa da maioria dos acidentes é incerta, já que muitos deles foram gerados por uma combinação de fatores (humanos, veiculares, climáticos e viários). Dessa forma, sempre que possível foram analisadas quais características viárias puderam contribuir para a ocorrência do acidente. Esses problemas viários identificados serão cuidadosamente tratados no desenvolvimento do projeto executivo, garantindo-se a redução de acidentes no trecho de duplicação.

---

## 3.7 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

### 3.7.1 GENERALIDADES

Os Estudos Hidrológicos têm como objetivo o fornecimento de subsídios para a avaliação hidráulica dos dispositivos existentes, o dimensionamento de dispositivos novos e/ou complementações necessárias para garantir o bom funcionamento do sistema de drenagem da rodovia. Para a efetivação dos estudos foram procedidas as seguintes atividades:

- Coleta dos dados pluviométricos e fluviométricos existentes;
- Estabelecimento do regime de chuvas;
- Consulta a cartas topográficas, fotos aéreas e levantamentos de campo;
- Estudos complementares de campo e escritório;
- Consultas na literatura técnica;
- Determinação das características das bacias de contribuição.

Para a elaboração destas atividades foram utilizados os seguintes elementos:

Cartas topográficas disponibilizadas pelo IBGE:

- SF-22-Y-D-IV-1-Juçara- 1.50.000;
- SF-22-Y-D-IV-2- Ivatuva- 1.50.000.

### 3.7.2 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA

O Trecho 1B está posicionado sobre a Bacia Hidrográfica do Ivaí, esta com área total de 36.540,0 km<sup>2</sup> (SEMA-2007), cerca de 19% da área do estado, e uma população de 1.229.767 habitantes (IBGE-2004), em torno de 12% do total do estado. Ressalta-se que a Bacia do Ivaí está dividida nas seguintes Unidades Hidrográficas de Gestão de Recursos Hídricos: Alto Ivaí e Baixo Ivaí, esta última agrupada à bacia do Paraná 1.

De acordo com Secretaria de Meio Ambiente, a bacia do rio Ivaí, é a segunda maior em área e o rio é o segundo maior em extensão do Estado do Paraná, percorrendo 680

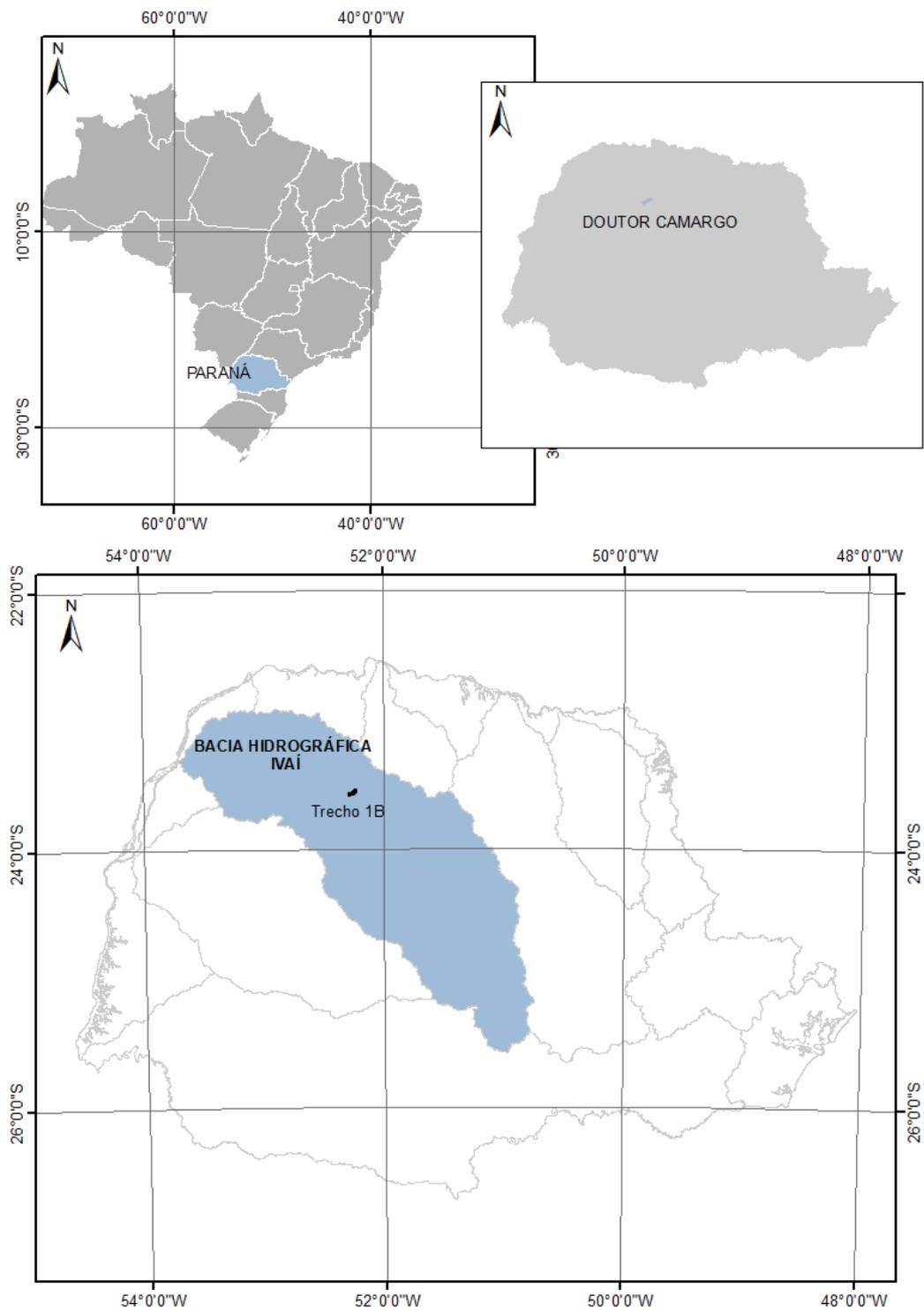
km. Ele nasce no município de Prudentópolis na confluência das águas do rio dos Patos com o rio São João no segundo planalto e tem sua foz no rio Paraná, no município de Doutor Camargo. Seus principais afluentes são os rios Alonso, Paranavaí e das Antas, pela margem direita e os rios Corumbataí, Mourão, Ligeiro e dos Índios, pela margem esquerda.

Na região do Alto Ivaí a classe de uso misto aparece com maior frequência. Há ainda faixas de agricultura intensiva na área central e no extremo noroeste da região. Já na região do Baixo Ivaí, há uma predominância de pastagens artificiais e campos naturais, com uma porção de agricultura intensiva à sudeste da região.

### **3.7.3 VEGETAÇÃO**

Originalmente, o território que compreende a Bacia do Ivaí era coberto nas mesmas proporções por Floresta Estacional Semidecidual a oeste da bacia e Floresta com Araucária nas porções leste, apresentando ao centro, uma faixa diagonal de transição, com raras manchas de campos cerrados. Em Prudentópolis, a Bacia do Ivaí chega a sobrepor a APA Estadual da Serra da Esperança.

Figura 15: Localização do Projeto- Bacias Hidrográficas do Paraná



Fonte: SUDERHSA, 2007

### 3.7.4 GEOMORFOLOGIA

De acordo com o Atlas Geomorfológico do estado do Paraná - Cartas Umuarama, Londrina e Cascavel-Mineropar, Escala 1:250.000, o Trecho 1B esta localizado no Terceiro Planalto paranaense, pertencente a Bacia Sedimentar do Paraná e corta duas unidades morfológicas:

O Planalto de Campo Mourão possui relevo aplainado, vertentes retilíneas e côncavas na base e vales em calha. Possuem dissecação baixa e classes de declividades menores que 6% com gradiente de 340 metros com altitudes variando de 260 a 600 metros, assentados sobre as rochas da Formação Serra Geral.

O Planalto de Apucarana apresenta dissecação do relevo alta com topos alongados, vertentes convexas e vales em “V”. As classes de declividades predominantes estão entre 6 e 12%, com gradiente de 620 metros com altitudes entre 300 e 920 metros, cujo relevo é modelado em rochas da Formação Serra Geral com direção geral da morfologia NW/SE.

### 3.7.5 GEOLOGIA

As descrições dos aspectos geológicos a seguir foram feitas tendo como base a Folha Paranapanema (SF.22), retirada da Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, na Escala 1:1.000.000, 2004, Serviço Geológico do Brasil (CPRM).

A Formação Serra Geral é constituída, essencialmente, por basaltos toleíticos e andesitos basálticos com riolitos e riodacitos subordinados e ocupa mais da metade do território paranaense. Os derrames de lavas basálticas desta unidade registram uma espessura total de até 2.000 m de basalto sobre os sedimentos da Bacia do Paraná, derrames estes de natureza básica e subordinadamente, por rochas ácidas.

Os diques do Arco de Ponta Grossa representaram os principais condutos para a extrusão dos derrames da Formação Serra Geral. Possuem direção predominantemente NW-SE, podendo ser encontrados também segundo *trends* secundários (NE-SW e E-W). Datações realizadas por Turner *et al.* (1994) através do método Ar/Ar, posicionaram o evento Serra Geral no intervalo entre 137 e 127 Ma, sendo, portanto, de idade Jurássico/Triássico.

Este imenso vulcanismo continental que gerou as rochas basálticas da Formação Serra Geral dotou o estado de um solo de excelente qualidade e da ocorrência de minerais de cobre, ágatas e ametistas. Além disso, há também a exploração de argila e pedras britadas para a construção civil. As rochas desta unidade geológica possuem baixa vulnerabilidade à denudação (intemperismo e erosão) apresentando como principal entrave ao uso e ocupação os solos litólicos ou afloramentos de rocha. No Terceiro Planalto, os solos litólicos ou litossolos são caracterizados por delgadas coberturas, raramente com mais de 0,5 m de profundidade, formadas por blocos e seixos de basalto com as estruturas e texturas da rocha original, preservadas. É comum que estes tipos de solos se associem aos denominados saprólitos, alterações de rocha que podem atingir dezenas de metros de profundidade. As rochas vulcânicas quando transformadas em solo restam “bolas” de rocha, que vão se escamando em característica alteração esferoidal, comuns nas encostas mais íngremes (Minerpar, 2006).

O padrão de fraturas, justamente com as zonas vesiculares do topo dos derrames, pode funcionar como canais alimentadores dos aquíferos subterrâneos, necessitando medidas de monitoramento da descarga de efluentes químicos, industriais e domésticos para evitar a contaminação das águas superficiais e subterrâneas da região.

### **3.7.6 PEDOLOGIA**

De acordo com o mapa Mapa de Solos (ITCG, 2008), o Trecho 1B esta posicionado sobre os seguintes tipos de solos:

Latossolos em geral são solos profundos, com mais de dois metros de profundidade, bastante intemperizados. Por sua elevada profundidade, relevo quase plano, ausência de fragmentos e blocos rochosos, grande porosidade, boa drenagem e permeabilidade, estes tipos de solos possuem boas características físicas como alta estabilidade e baixo risco de erosão, o que dificulta a atuação de processos erosivos, podendo ser manuseados quase sem riscos de ativação de processos erosivos ou movimentos de massa. Na região, os Latossolos apresentam-se com textura média a argilosa, boa estrutura física.

Neossolos são solos em estágio inicial de evolução ou pouco evoluídos, variando de profundidades rasas a profundas, associados a regiões de relevos declivosos até áreas planas sob influência do lençol freático, e comumente há presença de pedras nos horizontes. Devido às suas características físicas e à sua pequena capacidade de retenção de substâncias químicas e água, possuem grande suscetibilidade aos processos erosivos.

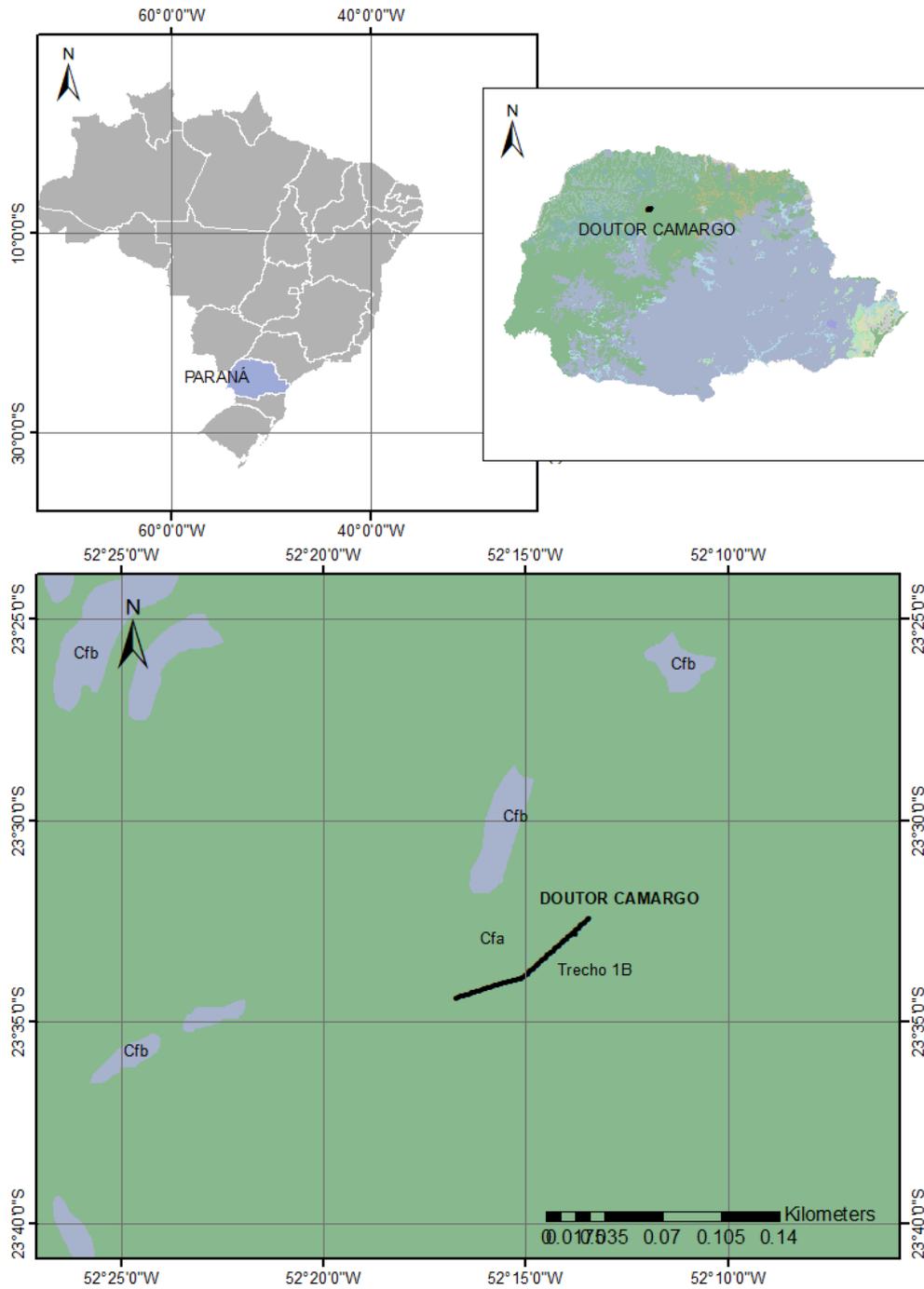
Os Nitossolos são solos caracterizados pela presença de um horizonte que apresenta em sua superfície um aspecto brilhante, causado pela existência de argila vinda dos horizontes superficiais do solo em suspensão na água, ou de superfícies formadas pela expansão e contração das argilas do solo. Estes solos estão relacionados ao material de origem, sendo originada de rochas básicas como o basalto. Os solos deste tipo são geralmente bem drenados, apresentando textura argilosa a muito argilosa o que dificulta a atuação de processos erosivos.

### **3.7.7 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA**

A bacia hidrográfica Baixo Ivaí, localizada à noroeste do estado, é enquadrada integralmente no tipo climático Cfa, ou Clima Subtropical Úmido, caracterizado por verões quentes, baixa frequência de geadas e maior ocorrência de chuvas no verão, sem, contudo, apresentar estação seca bem definida. As temperaturas médias variam de 22°C no mês mais quente a 18°C no mês mais frio (IAPAR, 2014).

A bacia em questão apresenta definição de períodos secos e chuvosos bem marcados, sendo geralmente os meses chuvosos compreendidos entre Dezembro e Fevereiro, e os meses secos entre Junho a Agosto.

Figura 16: Classificação climática



Fonte: INDE, 2010

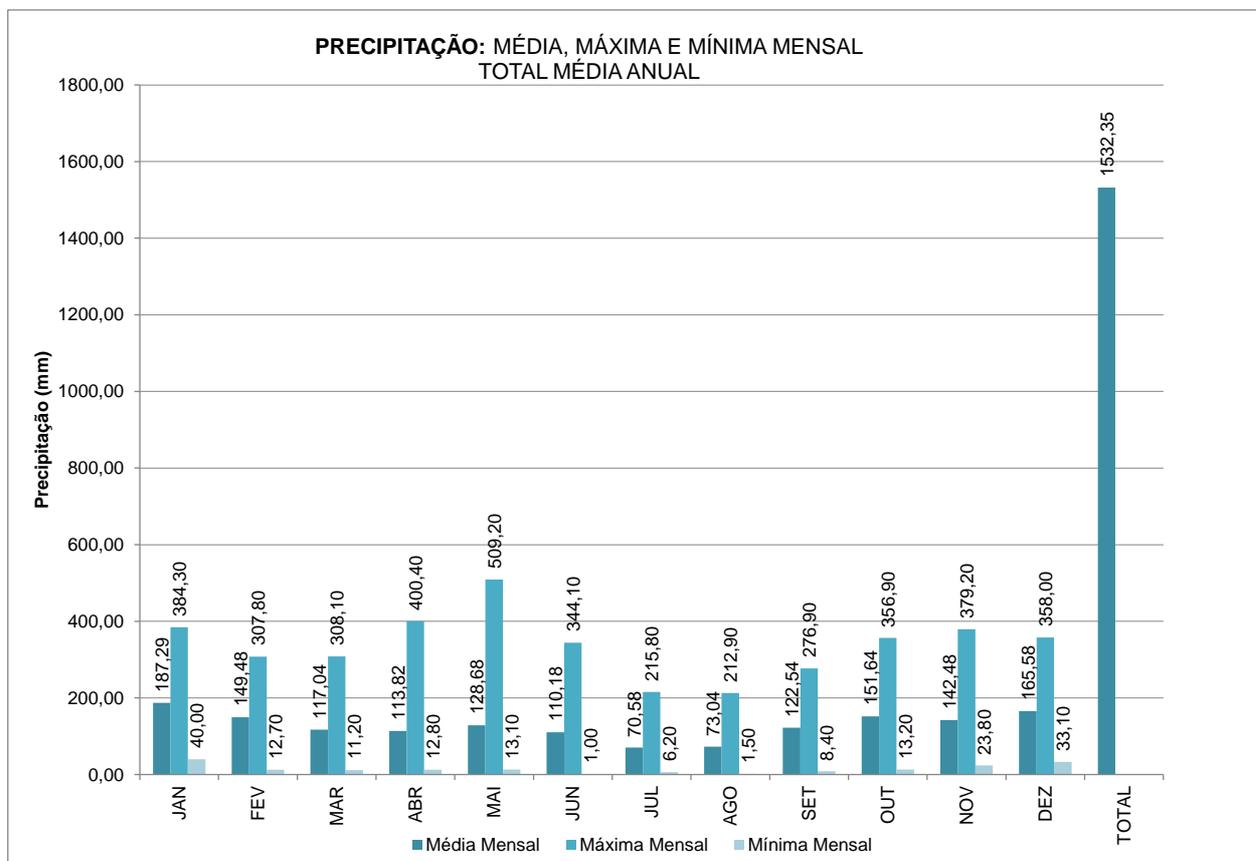
### 3.7.8 REGIME PLUVIOMÉTRICO

De acordo com os mapas da SUDERHSA, a precipitação anual média para o Estado do Paraná esta entre 1.500mm e 1.600 mm. A precipitação média nos meses de verão vaiam entre 500 mm e 550 mm. A precipitação anual média nos meses de outono variam entre 400 mm e 450 mm. Já para os meses de inverno ia nos meses de inverno entre 200 mm e 250 mm.

Para o conhecimento do regime de chuvas na região, foram coletados dados da seguinte estação pluviométrica:

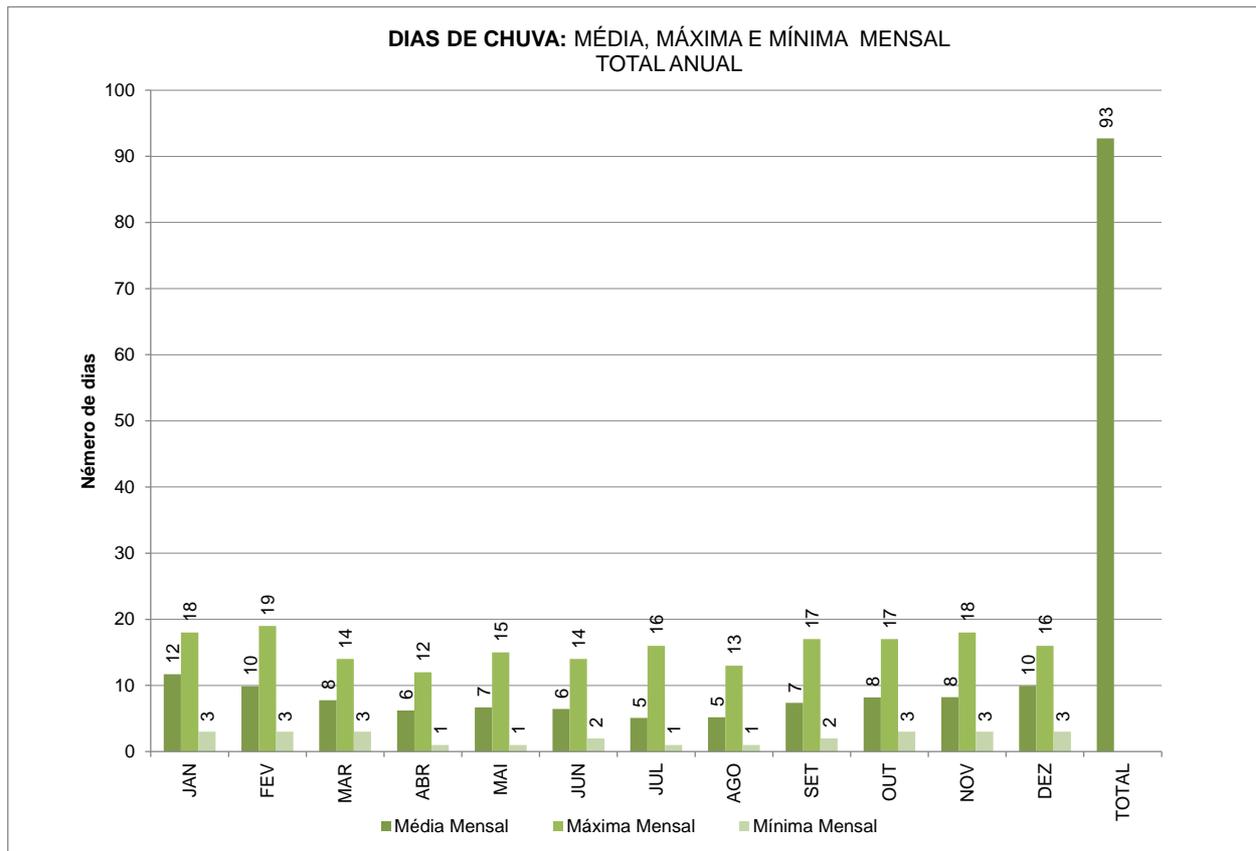
- Estação pluviométrica de IGARITE, no município de CIANORTE, coordenadas - 23,8 e -52,6331, código de identificação 02352031, mantida pelo ÁGUAS PARANÁ;

Figura 17: Precipitação média, média máxima e média mínima mensais e total anual



De acordo com os dados da estação supracitada, a precipitação média total anual é de 1662.64 mm. O trimestre chuvoso corresponde aos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro; enquanto o trimestre seco abrange os meses de Junho, Julho e Agosto.

Figura 18: Dias de chuva: média, média máxima e média mínima mensais e total anual



### 3.7.9 TEMPO DE RECORRÊNCIA

Para o estudo em questão foram adotados os seguintes tempos de recorrência, os quais estão em conformidade com a Publicação 726-DNIT- **Diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários Instrução de Serviço- IS-203.**

Tabela 10: Tempos de recorrência de acordo com o tipo de projeto

Projeto	Tempo
Drenagem Superficial	10 anos
Bueiro Tubular	15 anos (como canal) 25 anos (como orifício)
Bueiro Celular	25 anos (como canal) 50 anos (como orifício)
Pontes	100 anos

### 3.7.10 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

Para determinação do tempo de concentração foi utilizada a equação de Kirpich, publicada no California Culverts Practice indicada para bacias de pequeno e grande porte.

$$t_c = 57. \left(\frac{L^3}{I}\right)^{0,385}$$

O tempo de concentração mínimo considerado foi 10 minutos.

Sendo:

$t_c$  = tempo de concentração, em minutos;

$L$  = comprimento do talvegue principal, em km;

$i$  = declividade média do talvegue principal, em m/km;

### 3.7.11 RELAÇÃO INTENSIDADE – DURAÇÃO – RECORRÊNCIA

A equações para a determinação das relações Intensidade-Duração-Recorrência, representativas do regime das precipitações intensas, foi obtida na publicação **Chuvvas Intensas para Obras de Drenagem no Estado do Paraná**, por Roberto Fendrich, para município de Cianorte:

$$i = \frac{2115,81. T_r^{0,145}}{(t + 22)^{0,849}}$$

Onde:

$i$ : intensidade da chuva, correspondente à duração  $t$  e período de retorno  $T$ , em mm/h;

$t$ : duração da chuva em minutos;

$T$ : período de retorno em anos.

A partir da equação de chuvas adotada, foi possível calcular:

- Curvas de intensidade – duração – frequência para 5, 10, 15, 25, 50 e 100anos;
- Curvas de altura – duração – frequência para 5, 10, 15, 25, 50 e 100 anos.

Figura 19: Intensidade-duração-frequencia- Equação Cianorte

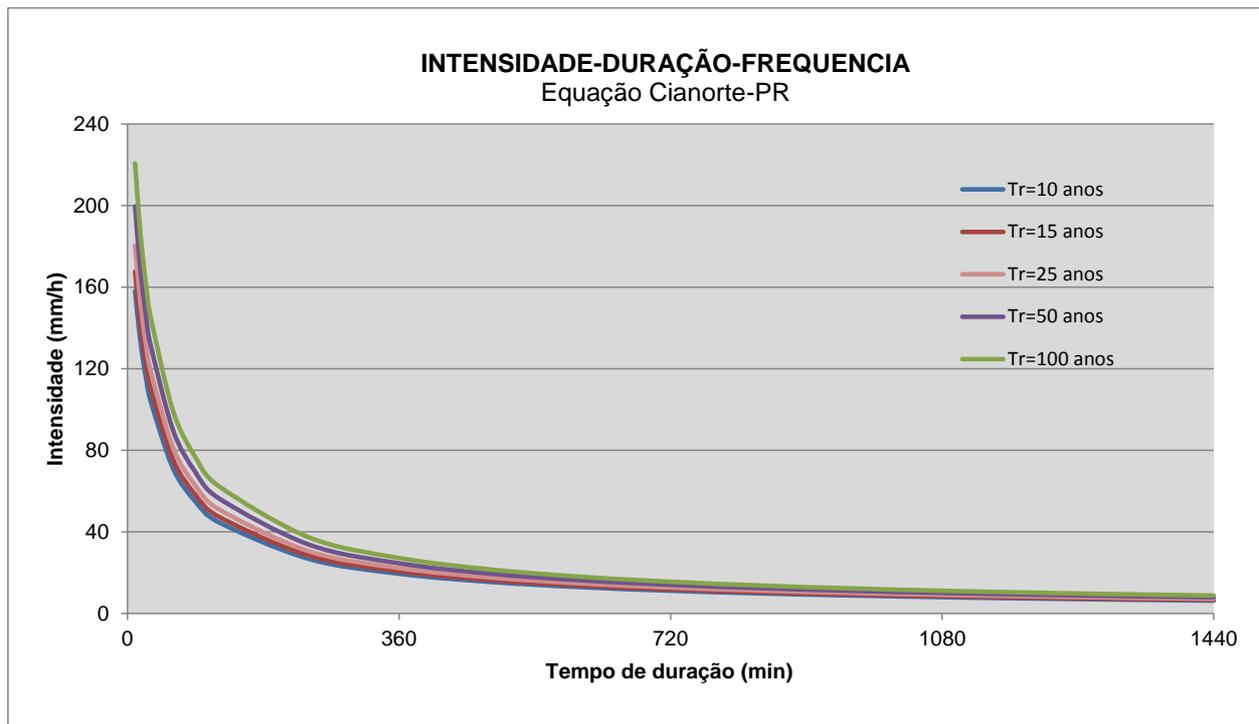
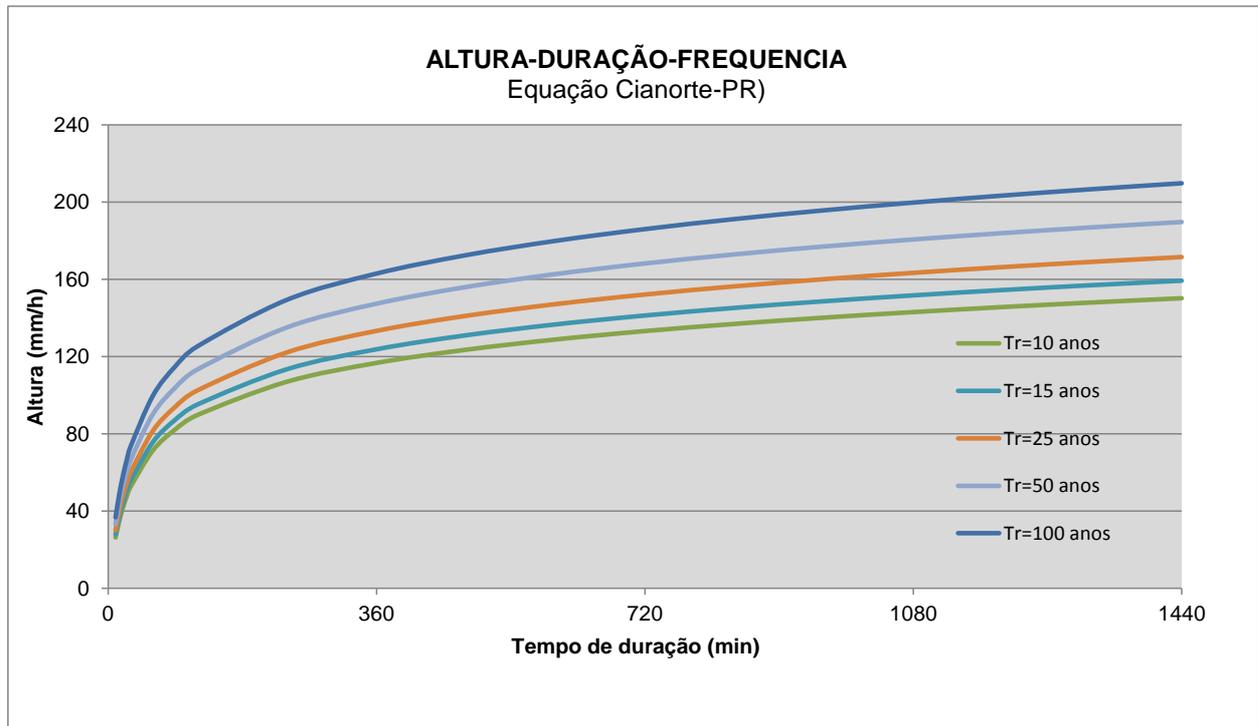


Figura 20: Altura-duração-frequencia- Equação Cianorte



### 3.7.12 DETERMINAÇÃO DE VAZÃO DE PROJETO

A vazão de projeto foi determinada através da aplicação dos seguintes métodos de acordo com a o **Manual de Drenagem de Rodovias- DNIT**.

- Método Racional: bacias com área até 4,0 km<sup>2</sup>;
- Método Racional Corrigido: bacias com área entre 4,0 e 10,0 km<sup>2</sup>;
- Método Hidrograma Unitário Triangular: bacias com área superior a 10,0 km<sup>2</sup>.

#### 3.7.12.1 Método Racional

$$Q = \frac{c \cdot i \cdot A}{6}$$

Onde:

$Q$  = vazão, em m<sup>3</sup>/s;

$i$  = equação de chuva, em mm/min;

$A$  = área de contribuição, em ha;

$c$  = coeficiente de deflúvio, adimensional.

O coeficiente de deflúvio foi arbitrado segundo a tabela apresentada pelo DNIT. Para áreas com urbanização fez-se a média ponderada considerando-se a área e o respectivo coeficiente. Para bacias sem urbanização, considerou-se a declividade da bacia e o tipo de solo da região conforme o *Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem, 2005*.

Tabela 11 – Valores dos Coeficientes de Deflúvio-1

Valores dos Coeficientes de Deflúvio						
Cobertura Vegetal		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

### 3.7.12.2 Método Racional Corrigido

Para corrigir os efeitos de distribuição de chuvas nas bacias hidrográficas, consideradas uniformes no Método Racional, principalmente em bacias de médio porte, é introduzido um coeficiente redutor da intensidade de precipitação chamado coeficiente ou fator de distribuição, dado por:

$$n = A^{-0,1}$$

Onde:

n = fator de distribuição;

A = área de contribuição bacia, em km<sup>2</sup>.

E, portanto, o cálculo da vazão, neste caso, resultará do produto da vazão calculada pelo Método Racional, como atrás indicado, multiplicado pelo fator de distribuição n. Esta correção foi aplicada para bacias com áreas de drenagem entre 4,0 e 10 km<sup>2</sup>.

### 3.7.13 CARACTERÍSTICAS DAS BACIAS

A delimitação de área e comprimento de talvegue foi obtida dos dados de elevação do Topodata, FOLHA 23S525ZN- disponibilizado pelo **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. No entanto, as bacias foram apresentadas sobre as cartas 1:50.000 disponibilizadas pelo IBGE, datadas de 1972.

### 3.7.14 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DE BUEIROS

A definição de cobertura vegetal, condições geológicas, etc. foram realizadas mediante a utilização de cartas topográficas da região, imagens de satélite e complementadas com trabalhos de campo (verificação in loco).

Seguindo-se a **Publicação IPR-726- Diretrizes Básicas Para Elaboração de Estudos E Projetos Rodoviários - IS-203 do DNIT**, considerou-se que o dimensionamento dos bueiros deve ser feito considerando-se a obra como canal e verificando-se o seu comportamento como orifício, para os seguintes períodos de recorrência:

- Bueiros Tubulares: TR=15 anos como canal e TR=25 anos como orifício;
- Bueiros Celulares: TR= 25 anos como canal e TR=50 anos como orifício.

#### 3.7.14.1 Casos Particulares

Seguindo-se a **Publicação IPR-726- Diretrizes Básicas Para Elaboração de Estudos E Projetos Rodoviários - IS-203 do DNIT**, no dimensionamento hidráulico dos bueiros foi considerado que, *no caso de Projetos de Pavimentação, Restauração e Duplicação, onde a maioria das obras já se encontram implantadas, apenas se aplicará a sistemática da IS-203 para os casos onde o levantamento cadastral indicar a necessidade de substituição do bueiro. Portanto, no caso de serem mantidas as*

obras-de-arte correntes existentes, ou apenas serem prolongadas (Projetos de Duplicação – Melhoramentos – Terceiras faixas, etc.), a metodologia da IS-203 não se aplica.

Para tanto, faz-se necessária a apresentação da tabela denominada *Classificação de Problemas* que permite caracterizar a situação física do bueiro e da área de estudo, comprovando preservação do bueiro existente.

Para os bueiros novos, ou que a ficha de cadastro comprovar a impossibilidade de utilização, deve-se utilizar a metodologia a seguir:

### 3.7.14.2 Bueiros Operando Como Canal

Na hipótese de bueiros operando como canal, o dimensionamento foi feito considerando-se o seu funcionamento no regime supercrítico, limitando-se a sua capacidade hidráulica à vazão correspondente ao regime crítico, com energia específica igual ao seu diâmetro ou altura.

As equações utilizadas foram àquelas constantes do Manual de Drenagem de Rodovias, DNIT e que são reproduzidas abaixo:

#### Bueiros Tubulares

$$Q_c = 1,538 \cdot D^{2,5}$$

$$V_c = 2,56 \cdot \sqrt{D}$$

$$I_c = 32,82 \cdot \frac{n^2}{\sqrt[3]{D}}$$

#### Bueiros Celulares:

$$Q_c = 1,705 \cdot B \cdot H^{1,5}$$

$$V_c = 2,56 \cdot \sqrt{H}$$

$$I_c = 2,60 \cdot \frac{n^2}{\sqrt[3]{H}}$$

Onde:

$Q_c$  = Vazão crítica, em  $m^3/s$ ;

$V_c$  = Velocidade crítica, em  $m/s$ ;

$I_c$  = Declividade crítica, em  $m/m$ ;

$D$  = Diâmetro do bueiro tubular, em  $m$ ;

$H$  = Altura do bueiro celular, em  $m$ ;

$B$  = Largura do bueiro celular, em  $m$ .

Tabela 12 – Vazão crítica para bueiros tubulares

TIPO	DIÂMETRO (m)	ÁREA MOLHADA CRÍTICA ( $m^2$ )	VAZÃO CRÍTICA ( $m^3/s$ )	VELOCIDADE CRÍTICA (m/s)	DECLVIDADE CRÍTICA (%)
BSTC	0,80	0,39	0,88	2,29	0,80
BSTC	1,00	0,60	1,53	2,56	0,74
BSTC	1,20	0,87	2,42	2,80	0,70
BSTC	1,50	1,35	4,22	3,14	0,65
BDTC	1,00	1,20	3,07	2,56	0,74
BDTC	1,20	1,73	4,84	2,80	0,70
BDTC	1,50	2,71	8,45	3,14	0,65
BTTC	1,00	1,81	4,60	2,56	0,74
BTTC	1,20	2,60	7,26	2,80	0,70
BTTC	1,50	4,06	12,67	3,14	0,65

Tabela 13 – Vazão crítica para bueiros celulares

TIPO	DIMENSÃO (m x m)	ÁREA MOLHADA CRÍTICA ( $m^2$ )	VAZÃO CRÍTICA ( $m^3/s$ )	VELOCIDADE CRÍTICA (m/s)	DECLVIDADE CRÍTICA (%)
BSCC	1,50x1,50	1,50	4,70	3,14	0,68
BSCC	2,00x2,00	2,67	9,64	3,62	0,62
BSCC	2,50x2,50	4,17	16,85	4,05	0,58
BSCC	3,00x300	6,00	26,58	4,43	0,54
BDCC	1,50x1,50	3,00	9,40	3,14	0,68
BDCC	2,00x2,00	5,33	19,29	3,62	0,62
BDCC	2,50x2,50	8,33	33,70	4,05	0,58
BDCC	3,00x300	12,00	53,16	4,43	0,54
BTCC	3,00x300	18,00	79,73	4,43	0,54

Se, excepcionalmente, algum bueiro for implantado com declividade inferior à crítica, a sua vazão de dimensionamento será verificada segundo o procedimento para dimensionamento no regime subcrítico apresentado no **Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT**.

### 3.7.14.3 Bueiros Operando Como Orifício

Os bueiros, dimensionados para operarem como canal com a vazão calculada para 15 anos – bueiros tubulares – e 25 anos – bueiros celulares –, foram, ainda, verificados para as vazões respectivas de 25 e 50 anos, considerando-se a sua operação como orifício. Admitiu-se que para estes períodos de recorrência as obras possam trabalhar com carga hidráulica, limitada ao menor dos seguintes valores:

- $CH < 2D$  ou  $2H$  para evitar excesso de velocidade na saída da obra;
- Nível d'água abaixo do greide da rodovia, para evitar o sobre passe da pista.

Este procedimento foi utilizado, também, para a verificação do funcionamento hidráulico das obras existentes, e foi determinante na decisão quanto ao aproveitamento destas obras, ou na indicação de substituições ou complementações.

As seguintes relações foram utilizadas:

$$Q = C.A.\sqrt{2.g.h} : \text{Fórmula do Orifício}$$

Onde:

$Q =$  Vazão, em  $m^3/s$ ;

$C =$  Coeficiente, adimensional;

$A =$  Área da seção transversal, em  $m^2$ ;

$g =$  Aceleração da gravidade, em  $m/s^2$ ;

$h =$  Carga hidráulica sobre o centro da obra, em  $m$ .

Tomando-se  $C = 0,63$  e  $g = 9,81 m/s^2$ , tem-se:

**Para Bueiros Tubulares:**

$$h = \frac{(Q_{25})^2}{4,803 \cdot D^4}$$

**Para Bueiros Circulares:**

$$h = \frac{(Q_{50})^2}{7,787 \cdot B^2 \cdot H^2}$$

Onde:

*h = Carga hidráulica sobre o centro da obra, em m;*

*Q 25 = Vazão para TR=25 anos, em m<sup>3</sup>/s;*

*Q 50 = Vazão para TR=50 anos, em m<sup>3</sup>/s;*

*D = Diâmetro do bueiro tubular, em m;*

*H = Altura do bueiro celular, em m;*

*B = Largura do bueiro celular, em m.*

### **3.7.15 RESULTADOS**

As soluções adotadas para cada bueiro encontram-se apresentadas no Projeto de Drenagem, bem como o dimensionamento e verificação hidráulica dos mesmos.



ESTUDOS HIDROLÓGICOS - VAZÕES DE CONTRIBUIÇÃO																	
LOCALIZAÇÃO EST	LADO DE MONTANTE	ÁREA (ha)	BACIA Nº	L (m)	H (m)	I (m/km)	leq (m/km)	tc real (min)	tc (min)	i (mm/min)			C	VAZÃO (m³/s)			MÉTODO DE CÁLCULO
										T=15 anos	T=25 anos	T=50 anos		T=15 anos	T=25 anos	T=50 anos	
8758+6,96	ESQUERDO	101,17	1E	1393,63	70,00	50,2285	50,2285	16,29	16,29	2,46	2,65	2,93	0,46	19,08	20,54	22,72	Racional
8825+18,88	ESQUERDO	329,71	2E	2145,27	62,00	28,9008	28,9008	28,10	28,10	1,96	2,11	2,33	0,30	32,27	34,75	38,43	Racional
8868+12,68	ESQUERDO	111,32	3E	1172,37	50,00	42,6485	42,6485	15,19	15,19	2,52	2,71	3,00	0,30	14,03	15,11	16,71	Racional
8910+4,34	ESQUERDO	59,57	4E	783,61	64,00	81,6734	81,6734	8,67	10,00	2,86	3,08	3,41	0,35	9,95	10,72	11,85	Racional

					VERIFICAÇÃO ORIFÍCIO					INTERVENÇÃO	
LOCALIZAÇÃO EST	DISPOSITIVO EXISTENTE	DECLIVIDADE (%)	VAZÃO CRÍTICA	REGIME DE ESCOAMENTO	h-CARGA HIDRÁULICA (m)	VELOCIDADE ORIFÍCIO (m/s)	SUFICIÊNCIA HIDRÁULICA	ALTURA DO ATERRO EXISTENTE (m)	SUFICIÊNCIA DO ATERRO		
8758+6,96	BSCC 2 x 2	0,62	9,64	SUPERCRÍTICO	4,14	5,68	AFOGADO	3,70	ATERRO NÃO COMPORTA	IS-203-BUEIRO PROLONGADO	
8825+18,88	BSTM Ø 2,5	1,45	15,15	SUPERCRÍTICO	6,43	7,08	AFOGADO	12,00	OK	BUEIRO EM MÁS CONDIÇÕES. IMPLANTAR BUEIRO NOVO.	
8868+12,68	BSTC Ø 1	1,81	1,53	SUPERCRÍTICO	47,53	19,24	AFOGADO	5,10	ATERRO NÃO COMPORTA	IMPLANTAR BUEIRO NOVO	
8910+4,34	BDTC Ø 0,6	3,74	0,85	SUPERCRÍTICO	46,12	18,95	AFOGADO	5,00	ATERRO NÃO COMPORTA	IMPLANTAR BUEIRO NOVO	

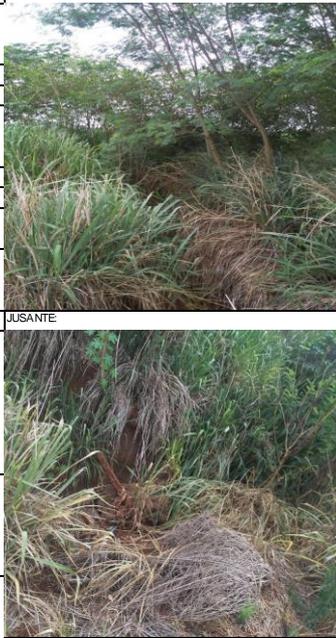


---

### 3.7.16 FICHAS DE BUEIROS EXISTENTES

CADASTRO DAS OBRAS DE ARTES CORRENTES		Folha Nº 0001	
RODOVIA: PR-323	TRECHO: 1B		
SEGMENTO: km 174.200 ao km 180.500	KM DA OBRA: 175+166,00 EST. 8758+6,96		
I- DADOS DA OBRA EXISTENTE			
TIPO	<input type="checkbox"/> BSTC <input type="checkbox"/> BDTG <input type="checkbox"/> BTTC <input checked="" type="checkbox"/> BSOC <input type="checkbox"/> BDCC <input type="checkbox"/> BTCC <input type="checkbox"/> BSTM <input type="checkbox"/> BDTM <input type="checkbox"/> BTM		
DIMENSÃO: φ: 0 BASE 2 ALTURA 2		FOTOS	
ESCOSSIDADE	0	MONTANTE:	
ESTADO DE CONSERVAÇÃO:	<input checked="" type="checkbox"/> BOM <input type="checkbox"/> RUM		
COTA MONTANTE:	334		
COORDENADAS:	X: 478173,65 Y: 2394332,19		
LADO DE MONTANTE (SENTIDO DO KM):	<input checked="" type="checkbox"/> ESQUERDO <input type="checkbox"/> DIREITO <input type="checkbox"/> CANTEIRO		
COTA JUSANTE:	337		
COORDENADAS JUSANTE:	X: 478157,9229 Y: 2394342,562		
COMPRIMENTO TOTAL:	18,85m		
SEÇÃO DE VAZÃO:	<input checked="" type="checkbox"/> SUFICIENTE <input type="checkbox"/> INSUFICIENTE	JUSANTE:	
HISTÓRICO HIDRÁULICO			
VESTÍGIOS DE NA ACIMA DO TUBO	<input type="checkbox"/> SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO		
PRESENÇA DE ASSOREAMENTO	<input checked="" type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO		
CURSO D'ÁGUA CORRENTE	<input checked="" type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO		
MONTANTE	<input checked="" type="checkbox"/> BOCA <input type="checkbox"/> CAIXA		
ESTADO DE CONSERVAÇÃO	<input checked="" type="checkbox"/> BOM <input type="checkbox"/> RUM		
JUSANTE	<input checked="" type="checkbox"/> BOCA <input type="checkbox"/> CAIXA		
ESTADO DE CONSERVAÇÃO	<input type="checkbox"/> BOM <input checked="" type="checkbox"/> RUM	CANTEIRO CENTRAL:	
CANTEIRO CENTRAL	<input type="checkbox"/> BOCA <input type="checkbox"/> CAIXA		
ESTADO DE CONSERVAÇÃO	<input type="checkbox"/> BOM <input type="checkbox"/> RUM		
II- DADOS DA BACIA			
LARGURA MÉDIA DO TALVEGUE	2m		
LÂMINA D'ÁGUA	m		
DECLIVIDADE DA ENCOSTA	<input checked="" type="checkbox"/> SUAVE <input type="checkbox"/> MODERADA <input type="checkbox"/> ABRUPTA		
TIPO DE VEGETAÇÃO	<input type="checkbox"/> RALA <input checked="" type="checkbox"/> DENSA <input type="checkbox"/> FECHADA		
TIPO DE TERRENO	<input type="checkbox"/> ROCHA <input checked="" type="checkbox"/> SOLO <input type="checkbox"/> MISTO	CROQUI PERFIL:	
III - OBSERVAÇÕES			
PRESENÇA DE EROSÃO	<input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/> NÃO		
BREJO	<input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/> NÃO		
ASSOREAMENTO	<input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/> J <input type="checkbox"/> NÃO		
SEÇÃO ESTRANGULADA	<input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/> NÃO		
CORPO TRINCADO	<input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/> NÃO		
CORPO QUEBRADO	<input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/> NÃO		
INFILTRAÇÃO D'ÁGUA	<input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/> NÃO		
PAVIMENTO SOBRE O BUEIRO	<input type="checkbox"/> TRINCAS <input type="checkbox"/> NORMAL <input checked="" type="checkbox"/> ABATIMENTO		
III - OUTRAS OBSERVAÇÕES			
Recebe a rede de esgoto da cidade de dr. Camargo			
Os croquis devem ser preenchidos apenas em casos com peculiaridades que a topografia não esclareça totalmente.			

CADASTRO DAS OBRAS DE ARTES CORRENTES		Folha Nº 0002		
RODOVIA: PR 323	TRECHO: 1B			
SEGMENTO: Km 174.200 ao km 180.500	KM DA OBRA: 176+518 EST.8825+18,88	ENGEFOTO		
I- DADOS DA OBRA EXISTENTE				
TIPO <input type="checkbox"/> BSTC <input type="checkbox"/> BDTG <input type="checkbox"/> BTTC <input type="checkbox"/> BSOC <input type="checkbox"/> BDCC <input type="checkbox"/> BTCC <input checked="" type="checkbox"/> BSTM <input type="checkbox"/> BDTM <input type="checkbox"/> BTM <input type="checkbox"/>				
DIMENSÃO: φ: 2.5 BASE: ALTURA:	FOTOS			
ESCOSSIDADE 0	MONTANTE			
ESTADO DE CONSERVAÇÃO: <input checked="" type="checkbox"/> BOM <input type="checkbox"/> RUM				
COTA MONTANTE: 308,91				
COORDENADAS: X: 477214,60 Y: 2393406,65				
LADO DE MONTANTE (SENTIDO DO KM): <input checked="" type="checkbox"/> ESQUERDO <input type="checkbox"/> DIREITO <input type="checkbox"/> CANTEIRO				
COTA JUSANTE: 308,912				
COORDENADAS JUSANTE: X: 477167,052 Y: 2393406,647				
COMPRIMENTO TOTAL: 53,23m	JUSANTE			
SEÇÃO DE VAZÃO: <input checked="" type="checkbox"/> SUFICIENTE <input type="checkbox"/> INSUFICIENTE				
HISTÓRICO HIDRÁULICO				
VESTÍGIOS DE NA ACIMA DO TUBO <input type="checkbox"/> SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO			CANTERO CENTRAL:	
PRESENÇA DE ASSOREAMENTO <input type="checkbox"/> SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO				
CURSO D'ÁGUA CORRENTE <input checked="" type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO				
MONTANTE <input checked="" type="checkbox"/> BOCA <input type="checkbox"/> CAIXA	CANTERO CENTRAL:			
ESTADO DE CONSERVAÇÃO <input type="checkbox"/> BOM <input checked="" type="checkbox"/> RUM				
JUSANTE <input checked="" type="checkbox"/> BOCA <input type="checkbox"/> CAIXA				
ESTADO DE CONSERVAÇÃO <input type="checkbox"/> BOM <input checked="" type="checkbox"/> RUM	CANTERO CENTRAL:			
CANTERO CENTRAL <input type="checkbox"/> BOCA <input type="checkbox"/> CAIXA				
ESTADO DE CONSERVAÇÃO <input type="checkbox"/> BOM <input type="checkbox"/> RUM	CANTERO CENTRAL:			
II- DADOS DA BACIA				
LARGURA MÉDIA DO TALVEGUE 5m	CANTERO CENTRAL:			
LÂMINA D'ÁGUA m				
DECLIVIDADE DA ENCOSTA <input type="checkbox"/> SUAVE <input checked="" type="checkbox"/> MODERADA <input type="checkbox"/> ABRUPTA	CANTERO CENTRAL:			
TIPO DE VEGETAÇÃO <input type="checkbox"/> RALA <input type="checkbox"/> DENSA <input checked="" type="checkbox"/> FECHADA				
TIPO DE TERRENO <input type="checkbox"/> ROCHA <input checked="" type="checkbox"/> SOLO <input type="checkbox"/> MISTO	CANTERO CENTRAL:			
III - OBSERVAÇÕES				
PRESENÇA DE EROSÃO <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/> NÃO	CANTERO CENTRAL:			
BREJO <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/> NÃO				
ASSOREAMENTO <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/> NÃO	CANTERO CENTRAL:			
SEÇÃO ESTRANGULADA <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/> NÃO				
CORPO TRINCADO <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/> J <input type="checkbox"/> NÃO	CANTERO CENTRAL:			
CORPO QUEBRADO <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/> J <input type="checkbox"/> NÃO				
INFILTRAÇÃO D'ÁGUA <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/> NÃO	CANTERO CENTRAL:			
PAVIMENTO SOBRE O BUEIRO <input type="checkbox"/> TRINCAS <input type="checkbox"/> NORMAL <input checked="" type="checkbox"/> ABATIMENTO				
III - OUTRAS OBSERVAÇÕES				
Bueiro com escoramentos ao longo da estrutura e muito danificado.				
Os croquis devem ser preenchidos apenas em casos com peculiaridades que a topografia não esclareça totalmente.				

CADASTRO DAS OBRAS DE ARTES CORRENTES		Folha Nº 0003		
RODOVIA: PR-323	TRECHO: 1B			
SEGMENTO: Km 174.200 ao km 180.500	KM DA OBRA: 177+392 EST.8869+12,41	ENGEFOTO		
I- DADOS DA OBRA EXISTENTE				
TIPO	<input checked="" type="checkbox"/> BSTC <input type="checkbox"/> BDTG <input type="checkbox"/> BTTC <input type="checkbox"/> BSOC <input type="checkbox"/> BDCC <input type="checkbox"/> BTCC <input type="checkbox"/> BSTM <input type="checkbox"/> BDTM <input type="checkbox"/> BTM <input type="checkbox"/>			
DIMENSÃO: φ: 1 BASE: 0 ALTURA: 0	FOTOS			
ESCOSSIDADE: 0	MONTANTE			
ESTADO DE CONSERVAÇÃO: <input type="checkbox"/> BOM <input checked="" type="checkbox"/> RUI				
COTA MONTANTE: 320,234				
COORDENADAS: X: 476578,33 Y: 2392781,64				
LADO DE MONTANTE (SENTIDO DO KM): <input checked="" type="checkbox"/> ESQUERDO <input type="checkbox"/> DIREITO <input type="checkbox"/> CANTEIRO				
COTA JUSANTE: 319,688				
COORDENADAS JUSANTE: X: 476567,223 Y: 2392809,614				
COMPRIMENTO TOTAL: 30,14m	JUSANTE			
SEÇÃO DE VAZÃO: <input type="checkbox"/> SUFICIENTE <input checked="" type="checkbox"/> INSUFICIENTE				
HISTÓRICO HIDRÁULICO				
VESTÍGIOS DE NA ACIMA DO TUBO <input type="checkbox"/> SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO				
PRESENÇA DE ASSOREAMENTO <input checked="" type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO				
CURSO D'ÁGUA CORRENTE <input type="checkbox"/> SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO				
MONTANTE	<input checked="" type="checkbox"/> BOCA <input type="checkbox"/> CAIXA			
ESTADO DE CONSERVAÇÃO	<input type="checkbox"/> BOM <input checked="" type="checkbox"/> RUI			
JUSANTE	<input checked="" type="checkbox"/> BOCA <input type="checkbox"/> CAIXA			
ESTADO DE CONSERVAÇÃO	<input type="checkbox"/> BOM <input checked="" type="checkbox"/> RUI			
CANTEIRO CENTRAL	<input type="checkbox"/> BOCA <input type="checkbox"/> CAIXA			
ESTADO DE CONSERVAÇÃO	<input type="checkbox"/> BOM <input type="checkbox"/> RUI			
II- DADOS DA BACIA				
LARGURA MÉDIA DO TALVEGUE	20m			
LÂMINA D'ÁGUA	3m			
DECLIVIDADE DA ENCOSTA	<input type="checkbox"/> SUAVE <input checked="" type="checkbox"/> MODERADA <input type="checkbox"/> ABRUPTA			
TIPO DE VEGETAÇÃO	<input type="checkbox"/> RALA <input type="checkbox"/> DENSA <input checked="" type="checkbox"/> FECHADA			
TIPO DE TERRENO	<input type="checkbox"/> ROCHA <input checked="" type="checkbox"/> SOLO <input type="checkbox"/> MISTO			
III - OBSERVAÇÕES				
PRESENÇA DE EROSÃO	<input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/> NÃO			
BREJO	<input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/> NÃO			
ASSOREAMENTO	<input checked="" type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/> J <input type="checkbox"/> NÃO			
SEÇÃO ESTRANGULADA	<input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/> J <input type="checkbox"/> NÃO			
CORPO TRINCADO	<input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> J <input type="checkbox"/> NÃO			
CORPO QUEBRADO	<input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> J <input type="checkbox"/> NÃO			
INFILTRAÇÃO D'ÁGUA	<input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/> J <input type="checkbox"/> NÃO			
PAVIMENTO SOBRE O BUEIRO	<input type="checkbox"/> TRINCAS <input type="checkbox"/> NORMAL <input checked="" type="checkbox"/> ABATIMENTO			
III - OUTRAS OBSERVAÇÕES				
Não foi possível verificar situação do corpo do bueiro devido vegetação muito densa.				
Os croquis devem ser preenchidos apenas em casos com peculiaridades que a topografia não esclareça totalmente.				
		CROQUI PLANTA:		

CADASTRO DAS OBRAS DE ARTES CORRENTES		Folha Nº 0004	
RODOVIA: PR-323	TRECHO: 1B		
SEGMENTO: Km 174.200+180.500	KM DA OBRA: 178+215 EST. 8910+15,66		
I- DADOS DA OBRA EXISTENTE			
TIPO	<input type="checkbox"/> BSTC <input checked="" type="checkbox"/> BDTG <input type="checkbox"/> BTTC <input type="checkbox"/> BSOC <input type="checkbox"/> BDCC <input type="checkbox"/> BTCC <input type="checkbox"/> BSTM <input type="checkbox"/> BDTM <input type="checkbox"/> BTM		
DIMENSÃO: φ: 0,6 BASE ALTURA:		FOTOS	
ESCOSSIDADE	0	MONTANTE:	
ESTADO DE CONSERVAÇÃO:	<input type="checkbox"/> BOM <input checked="" type="checkbox"/> RUM		
COTA MONTANTE:	323,843		
COORDENADAS:	X: 475827,35 Y: 2392475,81		
LADO DE MONTANTE (SENTIDO DO KM):	<input checked="" type="checkbox"/> ESQUERDO <input type="checkbox"/> DIREITO <input type="checkbox"/> CANTEIRO		
COTA JUSANTE:	322,46		
COORDENADAS JUSANTE:	X: 475816,2658 Y: 2392498,886		
COMPRIMENTO TOTAL:	25,55m		
SEÇÃO DE VAZÃO:	<input type="checkbox"/> SUFICIENTE <input checked="" type="checkbox"/> INSUFICIENTE		
HISTÓRICO HIDRÁULICO			JUSANTE:
VESTÍGIOS DE NA ACIMA DO TUBO	<input type="checkbox"/> SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO		
PRESENÇA DE ASSOREAMENTO	<input checked="" type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO		
CURSO D'ÁGUA CORRENTE	<input type="checkbox"/> SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO		
MONTANTE	<input checked="" type="checkbox"/> BOCA <input type="checkbox"/> CAIXA	CANTERO CENTRAL:	
ESTADO DE CONSERVAÇÃO	<input type="checkbox"/> BOM <input checked="" type="checkbox"/> RUM		
JUSANTE	<input checked="" type="checkbox"/> BOCA <input type="checkbox"/> CAIXA		
ESTADO DE CONSERVAÇÃO	<input checked="" type="checkbox"/> BOM <input type="checkbox"/> RUM		
CANTERO CENTRAL	<input type="checkbox"/> BOCA <input type="checkbox"/> CAIXA		
ESTADO DE CONSERVAÇÃO	<input type="checkbox"/> BOM <input type="checkbox"/> RUM		
II- DADOS DA BACIA			
LARGURA MÉDIA DO TALVEGUE	20m		
LÂMINA D'ÁGUA	2m		
DECLIVIDADE DA ENCOSTA	<input checked="" type="checkbox"/> SUAVE <input type="checkbox"/> MODERADA <input type="checkbox"/> ABRUPTA		
TIPO DE VEGETAÇÃO	<input type="checkbox"/> RALA <input checked="" type="checkbox"/> DENSA <input type="checkbox"/> FECHADA		
TIPO DE TERRENO	<input type="checkbox"/> ROCHA <input checked="" type="checkbox"/> SOLO <input type="checkbox"/> MISTO	CROQUI PERFIL:	
III - OBSERVAÇÕES			
PRESENÇA DE EROSÃO	<input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/> NÃO	CROQUI PLANTA:	
BREJO	<input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/> NÃO		
ASSOREAMENTO	<input checked="" type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> J <input type="checkbox"/> NÃO		
SEÇÃO ESTRANGULADA	<input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/> NÃO		
CORPO TRINCADO	<input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/> NÃO		
CORPO QUEBRADO	<input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/> NÃO		
INFILTRAÇÃO D'ÁGUA	<input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/> NÃO		
PAVIMENTO SOBRE O BUEIRO	<input type="checkbox"/> TRINCAS <input type="checkbox"/> NORMAL <input checked="" type="checkbox"/> ABATIMENTO		
III - OUTRAS OBSERVAÇÕES			
Trinca no corpo do bueiro, aparentemente apenas na saída.			

Os croquis devem ser preenchidos apenas em casos com peculiaridades que a topografia não esclareça totalmente.

---

## **3.8 ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS**

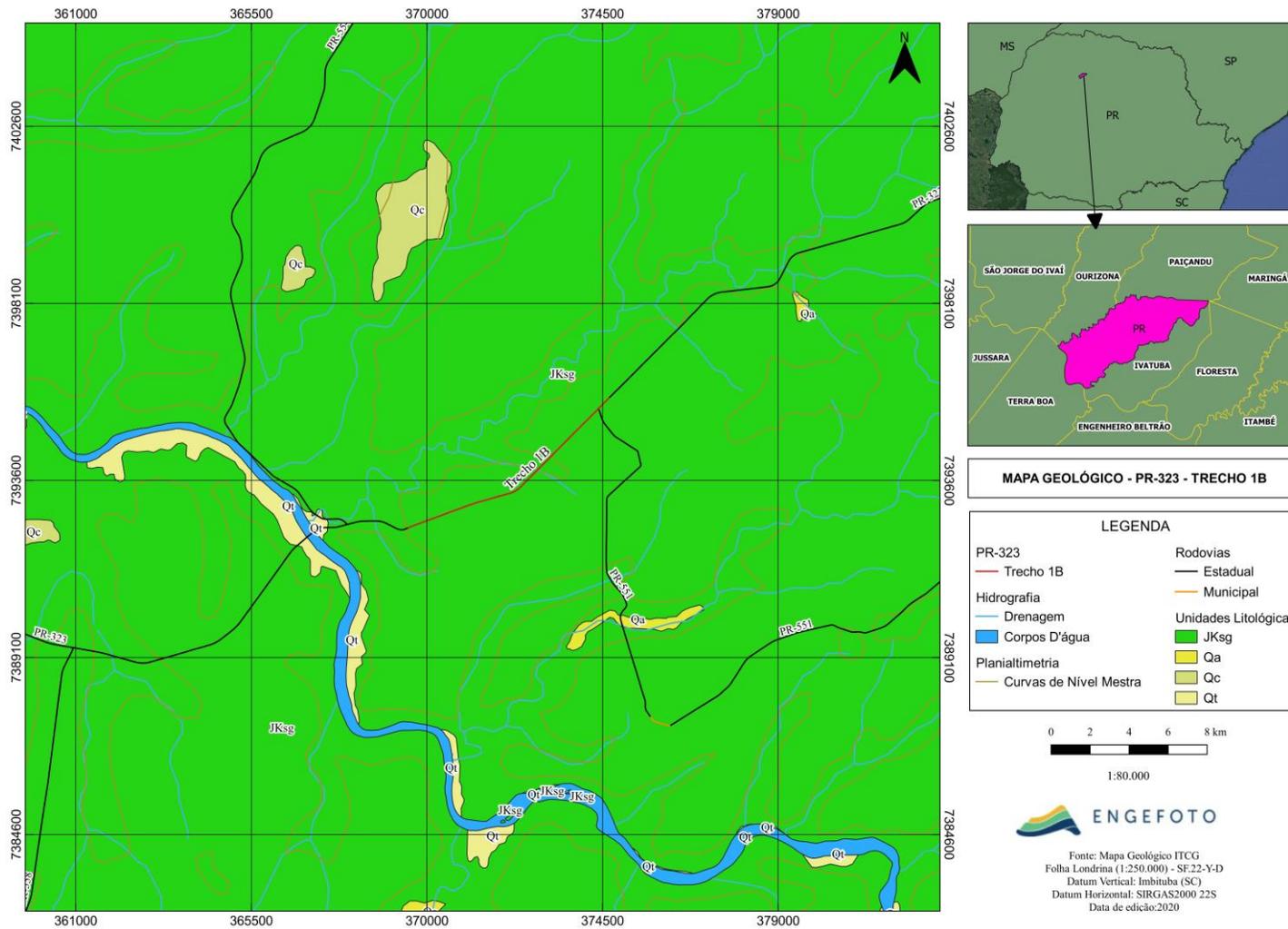
### **3.8.1 Estudos Geológicos, Geomorfológicos e Pedológicos**

#### **3.8.1.1 Estudos geológicos**

As descrições referentes aos aspectos geológicos foram feitas tendo como base o Mapa Geológico do Paraná, Folha SF.22-Y-D – Londrina (ITCG, 2006).

O segmento de projeto se desenvolve integralmente sobre a Formação Serra Geral, pertencente ao Grupo São Bento e Depósitos Aluvionares (Figura 21).

Figura 21 - Mapa geológico – Trecho 1B.



A seguir é feita descrição das unidades geológicas locais identificadas na área de influência da PR-323 no Trecho 1B.

a) Aluviões atuais (Qa)

Nesta unidade prevalecem sedimentos de formação atual a subatual, de natureza aluvionar, inconsolidados e constituídos por seixos, areias finas a grossas, com níveis de cascalhos, lentes de material silto-argiloso e restos de matéria orgânica.

São formados por um sistema fluvial no leito e nas margens das principais drenagens presentes na área de influência da PR-323 no Trecho 1B, e geralmente estão relacionados a planícies de inundação, barras de canal e aos canais fluviais atuais.

A maior ou menor expressão destes depósitos tem relação com o porte do curso d'água que lhe dá origem. Para a presente situação as ocorrências são inexpressivas para a escala de mapeamento adotada.

b) Coluviões derivados do Arenito Caiuá e Santo Anastácio (Qc)

São depósitos coluvionares arenosos a areno-argilosos derivados dos Arenitos Caiuá e Santo Anastácio, dispostos sobre espigões ou rampas a meia encosta. Apresentam ampla distribuição sobre a área de ocorrência dos Arenitos Caiuá e Santo Anastácio, estando, porém, assinalados no mapa somente as ocorrências destes colúvios situados diretamente sobre o embasamento basáltico.

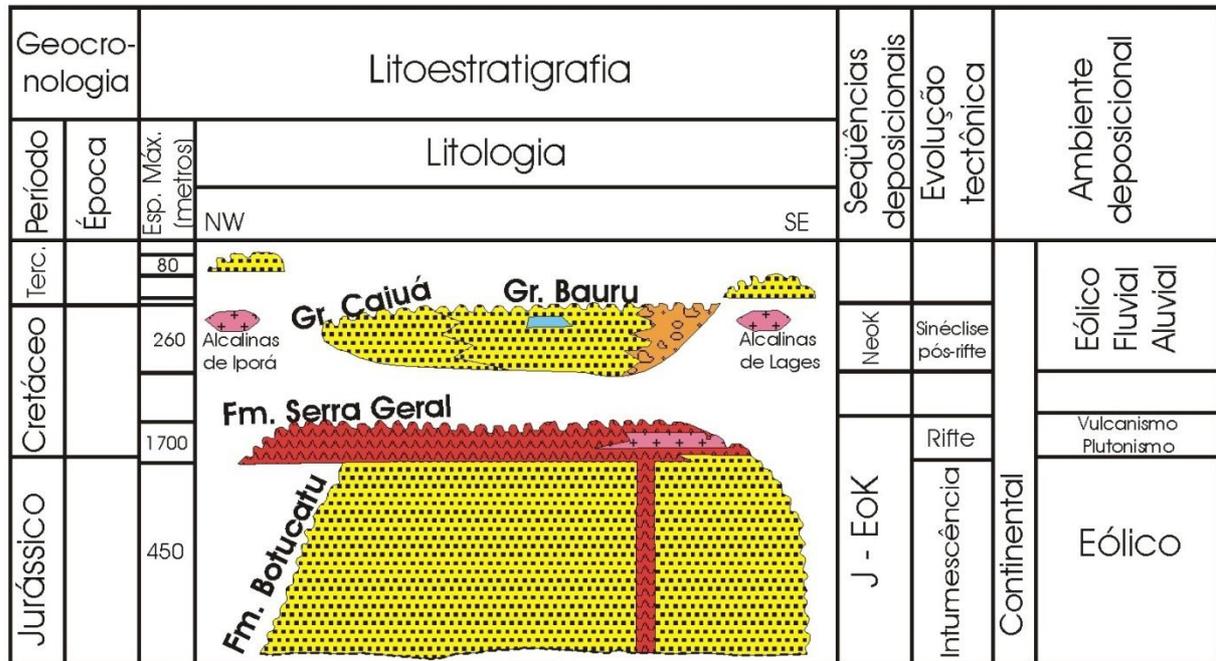
c) Aluviões em terraços (Qt)

Depósitos de tálus, blocos em matriz argilosa.

d) Grupo São Bento - Formação Serra Geral (JKsg)

A Formação Serra Geral é constituída, essencialmente, por basaltos toleíticos e andesitos basálticos com riolitos e riodacitos subordinados e ocupa mais da metade do território paranaense. Os derrames de lavas basálticas desta unidade registram uma espessura total de até 2.000 m de basalto sobre os sedimentos da Bacia do Paraná, derrames estes de natureza básica e subordinadamente, por rochas ácidas, como descrito na Figura 22.

Figura 22 – Carta Estratigráfica da Bacia do Paraná (Modificado de Boletim de Geociências da Petrobras, no. 1, vol.8, 1994)



Os diques do Arco de Ponta Grossa representaram os principais condutos para a extrusão dos derrames da Formação Serra Geral. Possuem direção predominantemente NW-SE, podendo ser encontrados também segundo trends secundários (NE-SW e E-W). Datações realizadas por Turner et al. (1994) através do método Ar/Ar, posicionaram o evento Serra Geral no intervalo entre 137 e 127 Ma, sendo, portanto, de idade Jurássico/Triássico.

Este imenso vulcanismo continental que gerou as rochas basálticas da Formação Serra Geral dotou o estado de um solo de excelente qualidade e da ocorrência de minerais de cobre, ágatas e ametistas. Além disso, há também a exploração de argila e pedras britadas para a construção civil. As rochas desta unidade geológica possuem baixa vulnerabilidade à denudação (intemperismo e erosão) apresentando como principal entrave ao uso e ocupação os solos litólicos ou afloramentos de rocha. No Terceiro Planalto, os solos litólicos ou litossolos são caracterizados por delgadas coberturas, raramente com mais de 0,5 m de profundidade, formadas por blocos e seixos de basalto com as estruturas e texturas da rocha original, preservadas. É comum que estes tipos de solos se associem aos denominados saprólitos, alterações de rocha que

---

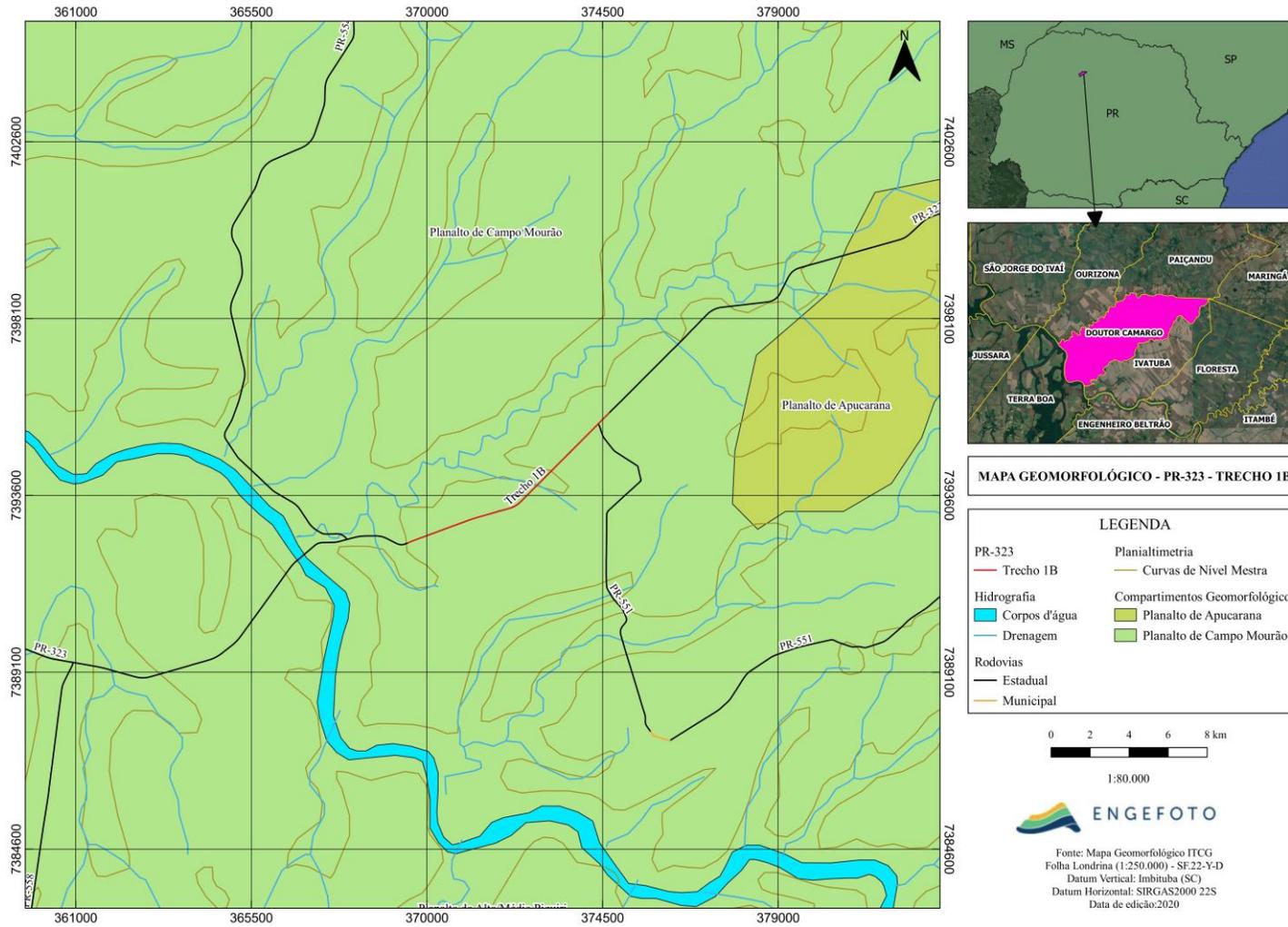
podem atingir dezenas de metros de profundidade. As rochas vulcânicas quando transformadas em solo restam “bolas” de rocha, que vão se escamando em característica alteração esferoidal, comuns nas encostas mais íngremes (Mineropar, 2006).

O padrão de fraturas, justamente com as zonas vesiculares do topo dos derrames, pode funcionar como canais alimentadores dos aquíferos subterrâneos, necessitando medidas de monitoramento da descarga de efluentes químicos, industriais e domésticos para evitar a contaminação das águas superficiais e subterrâneas da região.

#### **3.8.1.2 Estudos geomorfológicos**

O segmento de projeto está situado no Terceiro Planalto Paranaense, inserido nas unidades geomorfológicas denominadas Planalto de Campo Mourão e Planalto de Apucarana (Atlas Geomorfológico do Paraná – Mineropar, 2006).

Figura 23 – Mapa geomorfológico – Trecho 1B.



a) Planalto de Campo Mourão

Este compartimento geomorfológico possui relevo aplainado, vertentes retilíneas e côncavas na base e vales em calha. Possuem dissecação baixa e classes de declividades menores que 6% com gradiente de 340 metros com altitudes variando de 260 a 600 metros, assentados sobre as rochas da Formação Serra Geral.

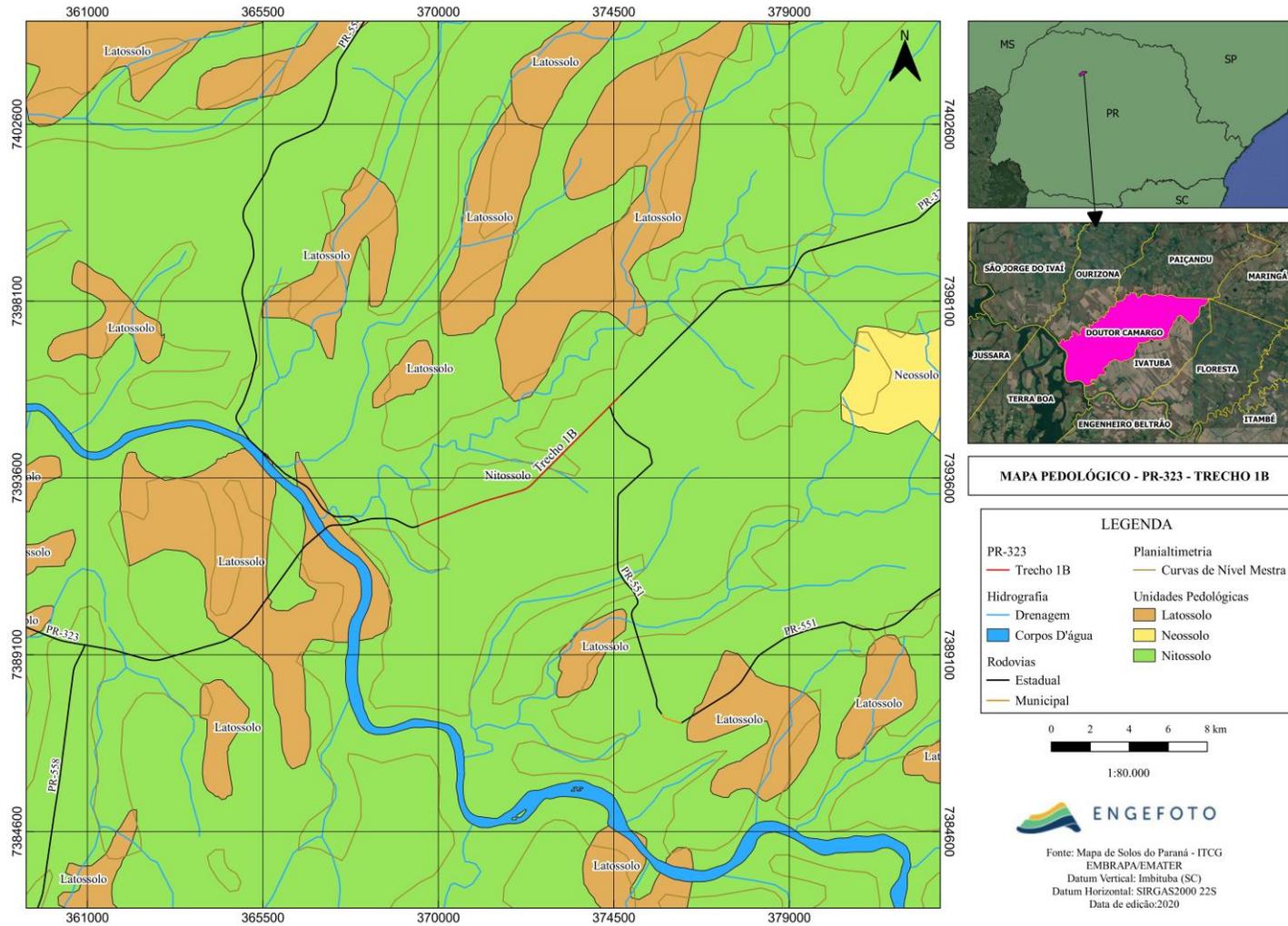
b) Planalto de Apucarana

O Planalto de Apucarana apresenta dissecação do relevo alta com topos alongados, vertentes convexas e vales em “V”. As classes de declividades predominantes estão entre 6 e 12%, com gradiente de 620 metros com altitudes entre 300 e 920 metros, cujo relevo é modelado em rochas da Formação Serra Geral com direção geral da morfologia NW/SE.

### 3.8.1.3 Estudos pedológicos

Conforme indicado no mapa a seguir, modificado de Mapa de Solos – Estado do Paraná (ITCG, 2008), o projeto se desenvolve essencialmente sobre do tipo Nitossolos, e secundariamente, sobre solos do tipo Latossolos e Neossolos.

Figura 24 – Mapa pedológico – Trecho 1B.



#### a) Nitossolos

Ainda segundo Lima (2012), Nitossolos são solos caracterizados pela presença de um horizonte B cujos agregados apresentam em sua superfície brilho característico (reluzente). Esse brilho pode ser causado pela presença de argila vinda dos horizontes superficiais do solo em suspensão na água, ou de superfícies alisadas formadas por expansão e contração das argilas do solo. São predominantes em 15% do território paranaense, principalmente nas regiões de rochas basálticas (norte, oeste e sudoeste do estado) e em relevos moderadamente declivosos. Estes tipos de solos são, em sua maioria, de boa fertilidade, embora possam ocorrer em relevos mais acidentados que prejudicam a mecanização dos solos ou aumentam o risco de erosão.

#### b) Latossolos

Segundo Lima (2012), Latossolos são solos profundos, bastante intemperizado (velhos e alterados em relação à rocha) e geralmente de baixa fertilidade. Ocupam, normalmente, os topos de paisagens, em relevos mais planos. De maneira geral, são muito porosos, permeáveis, com boa drenagem (não tem excesso de água) e são muito profundos (mais de 2 metros de espessura). Suas características, tais como boa profundidade, relevo quase plano, ausência de pedras, grande porosidade, boa drenagem e permeabilidade fazem com que sejam os mais utilizados na produção rural. Embora geralmente sejam de baixa fertilidade, as práticas de adubação e correção do solo, realizadas pelos produtores rurais, os tornam muito produtivos. O relevo plano e as características físicas adequadas já destacadas anteriormente determinam que os Latossolos apresentem alta estabilidade, baixo risco de erosão e grande capacidade para suportar estradas, construções, além de ser local favorável para instalação de aterros sanitários.

#### c) Neossolos

Para Lima (2012), Neossolos são solos rasos em estágio inicial de evolução ou pouco evoluídos, apresentando mais comumente apenas horizonte A sobre o horizonte C ou sobre a rocha de origem (camada R). Como principais obstáculos ao uso, podem ser citados a associação a regiões de relevos declivosos até áreas planas sob influência do lençol freático, pouca espessura e presença de pedras. Podem ser de baixa ou alta fertilidade e, quando ricos quimicamente, são muito utilizados para a agricultura,

principalmente por agricultores familiares que possuem pequena área. Considerando as características já relatadas, constituem áreas extremamente frágeis devido à pequena capacidade de retenção de substâncias químicas e água, que resultam em sua baixa capacidade de atuar como filtro de materiais poluentes e possuem grande suscetibilidade aos processos erosivos.

### **3.8.1.4 Referências bibliográficas**

Mapa de Geologia – Estado do Paraná, Folha SF.22-Y-D. Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná – ITCG, Escala 1:250.000. 2006.

Mapa de Geomorfologia – Estado do Paraná, Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná – ITCG, Escala 1:50.000. 2008.

Mapa de Solos – Estado do Paraná, Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná – ITCG, Escala 1:50.000. 2008.

Lima, V.C., Lima, M. de R., Melo, V de F. Conhecendo os principais solos do Paraná: abordagem para professores do ensino fundamental e médio. Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo / Núcleo Estadual Paraná, 2012.

## **3.8.2 Estudos Geotécnicos**

### **3.8.2.1 Plano de Investigações Geotécnicas**

As investigações geotécnicas consistiram na execução de sondagens a trado com coleta de amostras para realização de ensaios a cada 200 metros em média, como análise granulométrica por peneiramento e sedimentação, limite de liquidez, limite de plasticidade, densidade in situ, umidade natural, ensaios de compactação e CBR nas Energias Normal e Intermediária.

Para investigação das características de fundação dos aterros, bueiros e OAE's, foram executadas sondagens à percussão e mistas.



Tabela 14: Plano de Investigações Geotécnicas do Trecho 1B.

Tipo	Sondagem	Estaca Projeto Executivo	Config. Ter.	Prof. Programada (m)	RTM (SIRGAS 2000)		UTM (SIRGAS2000)		COTA (m)	Gran. Sediment.	Índ. Físicos	H nat.	Compac.+ CBR (Normal)	Compac.+ CBR (Intermediário)	Ds
					E	N	LESTE	NORTE							
ST	ST-208	8711+12	Corte	4,00	478.849,96	2.394.977,89	374.678,64	7.395.682,63	334,21	-	-	-	-	-	-
ST	ST-209	8717+12	Corte	4,00	478.762,03	2.394.896,24	374.591,88	7.395.599,79	339,28	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
SP	SP-210	8722+12	Corte	5,45	478.686,64	2.394.830,55	374.517,44	7.395.533,07	342,31	-	-	-	-	-	-
ST	ST-211	8726+12	Corte	8,00	478.627,75	2.394.776,40	374.459,32	7.395.478,12	345,82	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
SP	SP-212	8731+12	Corte	10,45	478.555,88	2.394.706,88	374.388,45	7.395.407,62	349,20	-	-	-	-	-	-
ST	ST-213	8736+12	Corte	10,50	478.484,20	2.394.637,15	374.317,77	7.395.336,92	350,13	-	-	-	-	-	-
SP	SP-214	8741+12	Corte	9,45	478.415,00	2.394.564,97	374.249,60	7.395.263,80	348,78	-	-	-	-	-	-
ST	ST-215	8746+12	Corte	5,50	478.346,45	2.394.492,17	374.182,09	7.395.190,07	345,67	2,00	2,00	2,00	1,00	-	-
ST	ST-216	8750+12	Corte	3,50	478.289,64	2.394.435,85	374.126,09	7.395.132,98	342,24	-	-	-	-	-	-
SP	SP-217	8758+2	Aterro	3m/N≥15	478.181,85	2.394.331,53	374.019,79	7.395.027,20	337,55	-	-	-	-	-	-
ST	ST-218	8762+12	Corte	3,00	478.117,17	2.394.268,95	373.956,01	7.394.963,74	339,05	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
ST	ST-219	8767+12	Corte	3,00	478.045,30	2.394.199,42	373.885,14	7.394.893,23	340,76	-	-	-	-	-	-
ST	ST-220	8772+2	Corte	3,00	477.980,59	2.394.136,87	373.821,32	7.394.829,81	342,81	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
ST	ST-221	8775+2	Corte	3,00	477.937,46	2.394.095,15	373.778,79	7.394.787,50	344,04	-	-	-	-	-	-
ST	ST-222	8781+7	C/A	3,00	477.847,62	2.394.008,24	373.690,20	7.394.699,37	346,61	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
ST	ST-223	8787+12	Corte	3,50	477.757,78	2.393.921,33	373.601,60	7.394.611,24	349,19	-	-	-	-	-	-
ST	ST-224	8792+12	Corte	6,50	477.685,91	2.393.851,80	373.530,73	7.394.540,73	351,65	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
SP	SP-225	8796+12	Corte	8,45	477.628,41	2.393.796,18	373.474,02	7.394.484,33	351,29	-	-	-	-	-	-
ST	ST-226	8801+12	Corte	8,50	477.556,54	2.393.726,65	373.403,15	7.394.413,82	348,17	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
SP	SP-227	8806+12	Corte	7,45	477.484,66	2.393.657,12	373.332,27	7.394.343,32	343,02	-	-	-	-	-	-
ST	ST-228	8811+12	Corte	5,50	477.412,79	2.393.587,59	373.261,39	7.394.272,81	336,41	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00



ST	ST-229	8814+12	Corte	4,00	477.369,67	2.393.545,88	373.218,87	7.394.230,51	332,42	-	-	-	-	-	-
ST	ST-230	8822+12	Aterro	1,50	477.254,67	2.393.434,63	373.105,46	7.394.117,70	319,11	1,00	1,00	1,00	-	-	-
SP	SP-231	8826+7	Aterro	3m/N≥15	477.200,76	2.393.382,48	373.052,30	7.394.064,82	314,41	-	-	-	-	-	-
ST	ST-232	8831+12	Aterro	1,50	477.125,30	2.393.309,48	372.977,89	7.393.990,79	320,53	1,00	1,00	1,00	-	-	-
ST	ST-233	8835+12	Corte	3,50	477.067,80	2.393.253,86	372.921,18	7.393.934,39	325,16	-	-	-	-	-	-
ST	ST-234	8841+12	C/A	2,50	476.981,55	2.393.170,42	372.836,13	7.393.849,78	328,98	1,00	1,00	1,00	1,00	-	-
ST	ST-235	8847+12	Corte	3,50	476.895,30	2.393.086,99	372.751,08	7.393.765,17	332,93	-	-	-	-	-	-
ST	ST-236	8851+17	Corte	4,50	476.834,21	2.393.027,89	372.690,83	7.393.705,24	334,60	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00
ST	ST-237	8855+12	Corte	5,50	476.780,31	2.392.975,74	372.637,68	7.393.652,36	334,96	-	-	-	-	-	-
ST	ST-238	8859+12	Corte	4,50	476.722,81	2.392.920,12	372.580,98	7.393.595,96	332,47	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	-
SP	SP-239	8866+12	Aterro	3m/N≥15	476.622,19	2.392.822,78	372.481,75	7.393.497,25	325,10	-	-	-	-	-	-
SP	SP-240	8869+12	Aterro	3m/N≥15	476.579,06	2.392.781,06	372.439,22	7.393.454,94	321,69	-	-	-	-	-	-
ST	ST-241	8876+12	Aterro	1,50	476.473,80	2.392.688,98	372.335,28	7.393.361,43	331,27	1,00	1,00	1,00	-	-	-
ST	ST-242	8880+12	Corte	4,00	476.406,05	2.392.646,55	372.268,15	7.393.318,07	336,34	-	-	-	-	-	-
ST	ST-243	8886+12	Corte	6,50	476.295,67	2.392.599,93	372.158,46	7.393.269,93	341,07	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00
SP	SP-244	8892+12	Corte	8,45	476.180,09	2.392.567,69	372.043,37	7.393.236,08	342,50	-	-	-	-	-	-
ST	ST-245	8896+12	Corte	6,00	476.102,87	2.392.546,77	371.966,47	7.393.214,09	339,14	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
ST	ST-246	8900+12	Corte	5,50	476.025,66	2.392.525,85	371.889,58	7.393.192,10	336,36	-	-	-	-	-	-
ST	ST-247	8905+12	Corte	4,00	475.929,14	2.392.499,70	371.793,46	7.393.164,62	330,98	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	-
SP	SP-248	8911+2	Aterro	3m/N≥15	475.822,96	2.392.470,94	371.687,72	7.393.134,39	323,80	-	-	-	-	-	-
ST	ST-249	8915+12	Corte	3,00	475.736,09	2.392.447,41	371.601,21	7.393.109,65	329,06	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
ST	ST-250	8920+12	C/A	2,50	475.639,57	2.392.421,26	371.505,09	7.393.082,16	332,16	-	-	-	-	-	-
ST	ST-251	8927+2	Corte	3,50	475.514,10	2.392.387,27	371.380,14	7.393.046,44	337,78	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
ST	ST-252	8931+12	Corte	4,00	475.427,23	2.392.363,73	371.293,63	7.393.021,69	341,25	-	-	-	-	-	-
ST	ST-253	8935+12	Corte	4,50	475.350,04	2.392.342,72	371.216,76	7.392.999,61	342,63	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00



ST	ST-254	8941+12	Corte	4,00	475.235,57	2.392.306,78	371.102,83	7.392.962,09	342,10	-	-	-	-	-	-
ST	ST-255	8945+12	Corte	4,00	475.160,03	2.392.280,41	371.027,69	7.392.934,67	340,74	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
ST	ST-256	8951+12	Corte	4,00	475.046,74	2.392.240,87	370.914,99	7.392.893,57	337,28	-	-	-	-	-	-
ST	ST-257	8955+12	Corte	4,00	474.971,21	2.392.214,50	370.839,85	7.392.866,15	334,98	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
ST	ST-258	8960+12	Corte	3,50	474.876,79	2.392.181,55	370.745,93	7.392.831,90	331,28	-	-	-	-	-	-
ST	ST-259	8964+12	Corte	3,50	474.801,26	2.392.155,18	370.670,79	7.392.804,48	328,90	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	-
ST	ST-260	8971+12	Corte	3,50	474.669,08	2.392.109,05	370.539,30	7.392.756,52	324,87	-	-	-	-	-	-
ST	ST-261	8975+12	Corte	3,00	474.593,55	2.392.082,68	370.464,17	7.392.729,11	322,01	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
ST	ST-262	8981+12	C/A	2,50	474.480,26	2.392.043,14	370.351,47	7.392.688,00	319,01	-	-	-	-	-	-
ST	ST-263	8985+17	C/A	2,50	474.400,00	2.392.015,12	370.271,63	7.392.658,87	318,11	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
ST	ST-264	8992+12	Corte	3,50	474.272,55	2.391.970,63	370.144,84	7.392.612,62	318,25	-	-	-	-	-	-
ST	ST-265	8995+2	Corte	4,50	474.225,34	2.391.954,16	370.097,88	7.392.595,49	318,63	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00
ST	ST-266	9001+2	Corte	4,00	474.112,04	2.391.914,61	369.985,17	7.392.554,38	317,60	-	-	-	-	-	-
ST	ST-267	9004+12	Corte	4,00	474.045,95	2.391.891,54	369.919,43	7.392.530,39	317,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
ST	ST-268	9009+12	Corte	3,00	473.951,54	2.391.858,58	369.825,51	7.392.496,13	315,22	-	-	-	-	-	-
ST	ST-269	9017+12	Corte	3,50	473.800,48	2.391.805,86	369.675,24	7.392.441,32	313,96	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
ST	ST-270	9022+12	Corte	4,00	473.706,06	2.391.772,90	369.581,31	7.392.407,05	311,54	-	-	-	-	-	-
ST	ST-271	9025+00	Corte	3,50	473.649,33	2.391.753,35	369.524,87	7.392.386,72	308,82	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
ST	ST-479	324+8	C/A	3,10	478077,01	2394204,69	373.914,00	7.394.894,00	339,07	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00
ST	ST-480	334+8	C/A	2,50	478.220,76	2.394.343,74	374.054,00	7.395.039,00	337,96	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
ST	ST-481	344+8	C/A	2,50	478.364,51	2.394.482,80	374.196,00	7.395.177,00	345,50	1,00	1,00	1,00	1,00	-	-
SP	SP-D04-01	8731+16	-	Impenetrável	478.549,46	2.394.726,44	374.381,00	7.395.427,00	347,38	-	-	-	-	-	-
SP	SP-D04-02	8730+6	-	Impenetrável	478.560,90	2.394.738,60	374.391,00	7.395.437,00	346,98	-	-	-	-	-	-
SP	SP-D04-03	8731+14	-	Impenetrável	478.561,35	2.394.697,46	374.391,00	7.395.399,00	348,25	-	-	-	-	-	-
SP	SP-D04-04	8731+1	-	Impenetrável	478.569,08	2.394.708,20	374.401,00	8.395.409,00	348,03	-	-	-	-	-	-



										TOTAL	37,00	37,00	37,00	7,00	26,00	6,00
ST	ST-1000	JAZ-01	-	5,00	-	-	393.640,00	7.414.574,00	-	5,00	5,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
ST	ST-1001	JAZ-01	-	5,00	-	-	393.498,00	7.414.537,00	-	5,00	5,00	1,00		1,00	1,00	
ST	ST-1002	JAZ-01	-	4,00	-	-	393.553,00	7.414.513,00	-	4,00	4,00	1,00		1,00	1,00	
ST	ST-1003	JAZ-01	-	4,00	-	-	393.640,00	7.414.574,00	-	4,00	4,00	1,00		1,00	1,00	
										TOTAL	18,00	18,00	4,00	1,00	4,00	4,00

Legenda:

ST: Sondagem a Trado

Config. Terreno: Configuração do terreno

Índ. Físicos: Índices Físicos

Compac. + CBR: Compactação + CBB

JAZ-01: Jazida-01

SP: Sondagem à Percussão

Gran. Sedim: Granulometria por Sedimentação

H nat.: Umidade Natural

Ds: Densidade in situ

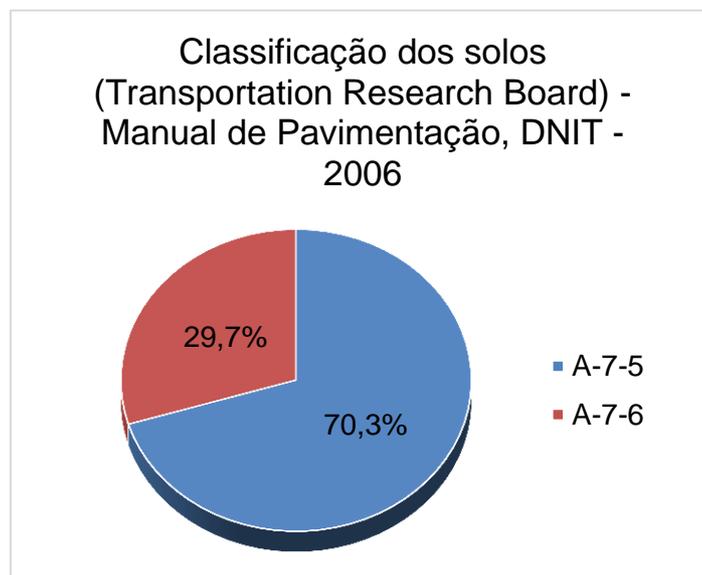
### 3.8.2.2 Subleito, Cortes e Empréstimos

Para subsidiar a elaboração dos projetos de pavimentação e terraplenagem foram realizadas sondagens a trado com coleta de amostras e realizados os seguintes ensaios:

- Análise granulométrica por peneiramento e sedimentação;
- Limite de liquidez;
- Limite de plasticidade;
- Densidade in situ
- Umidade natural
- Ensaios de compactação e CBR nas Energias Normal e Intermediária;

Ao todo, foram realizados 37 ensaios de caracterização, sendo categorizados segundo a classificação dos solos recomendada pelo Transportation Research Board conforme disposto no Manual de Pavimentação (DNIT, 2006), tendo o seguinte resultado:

Figura 25 – Classificação dos solos do Trecho 1B.



As amostras foram submetidas a ensaios de CBR em duas energias de compactação: Normal (7 ensaios) e Intermediária (30 ensaios). Os valores de Expansão e ISC foram satisfatórios para a classificação apresentada, uma vez que tais resultados ocorrem em

função da composição mineralógica dos solos que perfazem o substrato do trecho de projeto, solos residuais argilosos da Formação Serra Geral.

Os resultados dos ensaios podem ser consultados no Volume 3A e os resultados estatísticos no Projeto de Pavimentação.

Em linhas gerais as amostras apresentaram valores médios de 0,4% para Expansão e 8,1% para ISC na energia de compactação Normal, já para a energia Intermediária os valores médios foram de 0,5% para a Expansão e 15,0% para o ISC.

Para composição dos serviços de pavimentação, uma área de jazida de solo foi estudada próximo a Mandaguaçu/PR, na localidade de São Domingos/PR, uma vez que os volumes de materiais provenientes dos cortes existentes no trecho de projeto não são suficientes para a composição dos serviços. A localização da área, os resultados dos ensaios de caracterização realizados podem ser consultados no item Estudo de Ocorrência de Materiais - Jazidas de Solo.

Para a avaliação da categoria de escavação dos cortes e determinação do Nível D'água, foram realizados furos de sondagem a percussão, a totalidade dos materiais ocorrentes no segmento de projeto são compostos por material de 1<sup>a</sup> categoria.

Os perfis individuais de sondagem a percussão podem ser aferidos no Volume 3A e nos desenhos em perfil dispostos no Projeto Geométrico.

### **3.8.2.3 Estudo de Fundações de Aterro**

Para o estudo de fundações dos aterros foram realizados furos de sondagem a percussão e a trado com a finalidade de detectar possíveis camadas de solos de baixa capacidade de suporte (solos compressíveis ou solos moles), determinar o Nível D'água, além da caracterização tátil-visual do material ocorrentes no segmento de projeto.

Não foram identificados horizontes de solos moles com presença de matéria orgânica, tampouco locais com solos de baixa capacidade de suporte que necessitem de tratamentos.

Os perfis individuais de sondagem a percussão podem ser aferidos no Volume 3A e nos desenhos em perfil dispostos no Projeto Geométrico.

### 3.8.2.4 Estudo de Ocorrência de Materiais

Os estudos de ocorrências de materiais abordam os trabalhos prospectivos para identificação de área fornecedora de materiais de construção para uso nas obras futuras a serem executadas, envolvendo materiais terrosos, granulares e pétreos, bem como, indicação de áreas de depósito de material excedente, usinas de asfalto e jazidas de solo.

A identificação das áreas fornecedoras de materiais de construção desenvolveu-se após a verificação dos dados do cadastro mineiro de lavras autorizadas no Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) na área de abrangência do projeto, tendo como referência o Município de Doutor Camargo/PR.

O croqui de localização das ocorrências de materiais indicadas é apresentado no desenho PR323-174.200-DUP-DE-TER-PE-0012.

#### 3.8.2.4.1 Áreas de Depósito de Material Excedente

Para a disposição dos materiais excedentes foi indicada a utilização de áreas laterais, localizadas dentro da faixa de domínio, conforme tabela a seguir.

Tabela 15 – Localização e volumes das áreas de depósito de material excedente.

DME	Lado	Estaca inicial	Estaca final	COORDENADAS RTM 53S SIRGAS2000		Ext. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Volume disponível (m <sup>3</sup> )
				N	E				
				Centro geométrico da área					
DME-01	LD	8710	8718	478.809	2.394.995	160,0	4.355,4	2,2	9.581,94
DME-02	LD	8743	8748	478.334	2.394.540	100,0	1.710,2	2,0	3.420,38
DME-03	LD	8752	8758	478.200	2.394.406	120,0	2.576,3	2,0	5.152,55
DME-04	LD	8760	8785	477.945	2.394.156	500,0	13.788,5	2,0	27.576,93
DME-05	LD	8786	8816	477.527	2.393.754	600,0	14.511,4	2,0	29.022,73

DME-06	LD	8817	8822	477.271	2.393.505	100,0	2.713,6	2,0	5.427,16
DME-07	LD	8829	8843	477.030	2.393.271	280,0	7.895,8	2,0	15.791,59
DME-08	LD	8844	8855	476.845	2.393.092	220,0	5.515,8	2,0	11.031,67
DME-09	LD	8856	8865	476.688	2.392.941	180,0	5.674,0	2,0	11.348,02
DME-10	LD	8873	8894	476.324	2.392.661	420,0	10.594,4	2,0	21.188,71
DME-11	LD	8895	8910	475.978	2.392.553	300,0	8.795,1	2,0	17.590,23
DME-12	LD	8912	8920	475.734	2.392.492	160,0	2.526,1	2,0	5.052,11
DME-13	LD	8926	8934	475.458	2.392.416	160,0	3.391,3	2,0	6.782,58
DME-14	LD	8941	8944	475.205	2.392.337	60,0	1.064,2	2,0	2.128,42
DME-15	LD	8945	8949	475.125	2.392.310	80,0	2.265,7	2,0	4.531,41
DME-16	LD	8950	8965	474.926	2.392.240	300,0	8.379,8	2,0	16.759,61
DME-17	LD	8966	8972	474.710	2.392.164	120,0	3.796,7	2,0	7.593,39
DME-18	LD	8973	8977	474.595	2.392.124	80,0	2.426,3	2,0	4.852,52
DME-19	LD	8977	8980	474.520	2.392.098	58,0	1.363,2	2,0	2.726,37
DME-20	LD	8981	8985	474.444	2.392.073	80,0	2.192,2	2,0	4.384,45
DME-21	LD	8986	8988	474.367	2.392.047	40,0	769,1	2,0	1.538,22
DME-22	LD	8988	8995	474.270	2.392.011	138,0	4.216,8	2,0	8.433,62
DME-23	LD	8996	9013	474.027	2.391.926	340,0	9.020,8	2,0	18.041,60
DME-24	LD	9014	9025+230m	473.632	2.391.789	450,0	8.656,7	2,0	17.313,45
DME-25	LD	9025+465	9025+1120	473.126	2.391.881	655,0	15.678,3	2,0	31.356,53

### 3.8.2.4.2 Jazidas de Solo

Para composição dos serviços de pavimentação, uma área de jazida de solo (Jazida 01) foi estudada próximo a Mandaguaçu/PR, na localidade de São Domingos/PR. A jazida indicada possui área total de 18.907,74 m<sup>2</sup>, com volume útil estimado de 69.249,60 m<sup>3</sup>.

Ao total foi programada a execução de 30 sondagens a trado com coletas de material a cada metro, execução de densidade in situ e umidade natural, dispostos em malha regular de no máximo 30 m de distância entre cada furo. Os ensaios de laboratório propostos são os de caracterização completa e compactação nas energias Normal e Intermediário.

No entanto, em função da existência de cultivo de soja na área indicada, foi autorizado pelo proprietário a execução de 4 (quatro) furos de sondagem a trado com coleta de material, sendo dois de 5 m de profundidade e dois de 4 m de profundidade. Segundo o proprietário, será autorizado a complementação dos estudos apenas após a colheita (sem data prevista).

Ao todo, foram realizados 18 ensaios de caracterização, sendo categorizados segundo a classificação dos solos recomendada pelo Transportation Research Board conforme disposto no Manual de Pavimentação (DNIT, 2006), tendo o seguinte resultado: areia siltosa ou argilosa, sendo 77,8 % classificada como A-2-4 e 22,2 % como A-2-6. A porcentagem média passante na peneira #200 foi 28,1%, com o maior valor sendo 34,6%, e o menor, 23,9%.

As amostras foram submetidas a ensaios de CBR em duas energias de compactação: Intermediária (4 ensaios – mistura das amostras dos horizontes de cada furo de sondagem) e Normal (1 ensaio – mistura de todos os furos de sondagem). As amostras apresentaram valores médios de 0,02% para Expansão e 16,8% para ISC na energia de compactação Intermediária, já para a energia Normal os valores foram de 0,0% para a Expansão e 10,0% para o ISC.

Os boletins de sondagem e as fichas dos ensaios de laboratório executados na Jazida-01 podem ser consultadas no Volume 3A e os tratamentos estatísticos pertinentes no Projeto de Pavimentação.

O croqui de localização da Jazida-01 é apresentado no desenho PR323-174.200-DUP-DE-PAV-PE-0010.

#### **3.8.2.4.3 Pedreiras**

A indicação das ocorrências de pedreiras comerciais priorizou aquelas em regime comercial, sendo o critério principal vinculado à estarem ativas e licenciadas pelos órgãos competentes, além de possuírem resultados de ensaios laboratoriais que atendessem aspectos qualitativos determinados em norma.

Para o fornecimento de material pétreo foram indicadas a Pedreira Cianorte, Mineração São Tomé e Pedreira Jussara. As informações referentes a esta ocorrência são descritas a seguir e os resultados de ensaios dos materiais disponíveis nestas ocorrências comerciais podem ser consultadas no Volume 3A.

- Pedreira Jussara

Trata-se de pedreira em regime comercial localizada no Município de Jussara/PR, no endereço Estrada Jacutinga, s/n, Lote 105, Zona Rural, CEP 87.230-000.

Contato: Carlos – (44) 99962-6037;

E-mail: [carlos@pedreiracatedral.com.br](mailto:carlos@pedreiracatedral.com.br)

Coordenadas (UTM – 22S): 348.518,000 / 7.386.672,000.

DMT estimada para o trecho de projeto: 26 km.

- Pedreira Cianorte (J D Barrim Junior Cascalho Eirelli)

Trata-se de pedreira em regime comercial localizada no Município de Cianorte/PR, no endereço Estrada Boa Sorte, Lote 129A, Gleba Ligeiro, Zona Rural. Caixa postal 1125, CEP 87.200-970.

Contato: José Dauri Barrim Jr – (44) 99987-3954 / (44) 3351-3934;

E-mail: [cianortecascalho@bol.com.br](mailto:cianortecascalho@bol.com.br)

Coordenadas (UTM – 22S): 345.296,000 / 7.380.549,000.

DMT estimada para o trecho de projeto: 44 km.

- Mineração São Tomé

Trata-se de pedreira em regime comercial localizada no Município de São Tomé/PR, no endereço Estrada Indianópolis, s/n, Gleba Jacatiá, CEP 87.220-000.

Contato: Marcelo Serenini – (44) 98453-2290 / (44) 3637-2979 / (44) 99996-7401 / (44) 98453-2450;

E-mail: [adrianteixeiraquedes@hotmail.com](mailto:adrianteixeiraquedes@hotmail.com)

Coordenadas (UTM – 22S): 335.806,000 / 7.402.089,000.

DMT estimada para o trecho de projeto: 64 km.

#### **3.8.2.4.4 Areais**

A indicação das ocorrências de areais comerciais priorizou aquelas em regime comercial, sendo o critério principal vinculado à estarem ativas e licenciadas pelos órgãos competentes.

Para o fornecimento de material granular foram indicados o Areal Peternella e Machado e o Areal Porto de Areia Mundo Novo. As informações referentes a estas ocorrências são descritas a seguir.

- Peternella e Machado

Trata-se de areal em regime comercial localizada no Município de Cianorte/PR, com sede na Estrada Pão De Açúcar, 50, Lote 50, Ribeirão Catingueiro, Zona Rural, CEP 87200-000.

Contato: (44) 3629-1465;

Coordenadas (UTM – 22S): 338.334,000 / 7.378.927,000.

DMT estimada para o trecho de projeto: 38,5 km.

- Areal Porto de Areia Mundo Novo

Trata-se de areal em regime comercial localizada no Município de Cianorte/PR, com sede na Estrada Mirindiba - Km 07 - Rio Do Índio, S/N, Zona Rural, CEP 87200-000.

Contato: (44) 99968-8292;

Coordenadas (UTM – 22S): 322.693,000 / 7.379.666,000.

DMT estimada para o trecho de projeto: 55 km.

#### 3.8.2.4.5 Usinas de Asfalto

A indicação das usinas priorizou aquelas em regime comercial, sendo o critério principal vinculado à estarem ativas e licenciadas para operação pelos órgãos competentes.

Para os serviços de usina foram indicados a Mineração São Tomé e Pedreira Jussara. As informações referentes a estas ocorrências são descritas a seguir.

- Pedreira Jussara

Trata-se de usina em atividade localizada no Município de Jussara/PR, no endereço Estrada Jacutinga, s/n, Lote 105, Zona Rural, CEP 87.230-000.

Contato: Carlos – (44) 99962-6037;

E-mail: [carlos@pedreiracatedral.com.br](mailto:carlos@pedreiracatedral.com.br)

Coordenadas (UTM – 22S): 348.518,000 / 7.386.672,000.

DMT estimada para o trecho de projeto: 26 km.

- Mineração São Tomé

Trata-se de usina em atividade localizada no Município de São Tomé/PR, no endereço Estrada Indianópolis, s/n, Gleba Jacatiá, CEP 87.220-000.

Contato: Marcelo Serenini – (44) 98453-2290 / (44) 3637-2979 / (44) 99996-7401 / (44) 98453-2450;

E-mail: [adrianteixeiraquedes@hotmail.com](mailto:adrianteixeiraquedes@hotmail.com)

Coordenadas (UTM – 22S): 335.806,000 / 7.402.089,000.

DMT estimada para o trecho de projeto: 64 km.

#### 3.8.2.4.6 Diagrama Linear de Ocorrências

A localização das ocorrências de materiais indicadas para os serviços de terraplenagem e pavimentação é apresentada no desenho PR323-174.200-DUP-DE-TER-PE-0012.

---

### 3.9 ESTUDOS AMBIENTAIS

Os estudos ambientais estão consolidados no denominado “Volume 05A – Plano de Controle Ambiental - PCA”. Nele foi realizada a caracterização ambiental das áreas de influência da PR-323, Trecho IB, considerando os meios Físico, Biótico e Socioeconômico.

Com base nessa caracterização e nos aspectos construtivos detalhados e oriundos do projeto de engenharia do mencionado trecho, foi possível desenvolver a avaliação ambiental do empreendimento e apontar os principais impactos decorrentes do mesmo, assim como medidas de proteção ambiental para cada fase e meio avaliado.

Algumas medidas ambientais já são incorporadas no próprio método construtivo do Empreendedor, outras pela natureza e alcance, foram reunidas em programas ambientais, os quais deverão perdurar durante o período em que ocorrerem as obras, alguns deles prolongados para o pós-obra, ou seja na operação rodoviária.

Cada programa aborda temas mais específicos no contexto da obra, entretanto, como é comum em obras e análises ambientais como a presente, existe uma necessária e natural interação entre os temas tratados, aspecto fundamental para que as obras gerem o menor nível de interferência possível, sejam concluídas nos prazos estabelecidos, utilizem racionalmente os recursos naturais disponíveis, respeitando as populações, suas rotinas, costumes e demais interesses que lhes são próprios.

## 4 PROJETOS ELABORADOS

### 4.1 PROJETO GEOMÉTRICO

O projeto geométrico foi elaborado a partir de base cartográfica obtida do levantamento a laser, com curvas de nível espaçadas de metro em metro, obtendo-se como consequência a modelagem geral da área de projeto. Foi, também, realizado um levantamento topográfico complementar que teve como objetivo a confirmação de pontos relevantes ao desenvolvimento do projeto.

A rodovia foi projetada com características técnicas de “Classe I-A” (classificação do DNIT) em região ondulada, velocidade diretriz de 80 km/h em sua linha geral e dispositivos.

O limite de projeto foi referenciado no Sistema Rodoviário Estadual (S.R.E.), que é a caracterização dos trechos rodoviários da malha paranaense através de coordenadas geográficas de seus pontos de início e final.

#### 4.1.1 Características Técnicas

As seguintes premissas foram consideradas na elaboração do projeto geométrico:

- Classe da rodovia: Classe I – A;
- Velocidade diretriz: 80 km/h;
- Rampa máxima (pista nova): 4,50%;
- Raio mínimo: 230 m;
- Superelevação máxima: 8%;
- Veículo de Projeto: CA (Semi-reboque, maior incidência na região);
- Superlargura máxima: 0,80 m;
- Declividade transversal em tangente da pista: 2%;
- Declividade transversal em tangente do acostamento: 5%;
- Declividade transversal das banquetas: 10%;

- Altura máxima de aterros/cortes sem berma: 8,00 metros;
- Largura da banquetta 4,00 metros;
- Largura da pista: 7,20 m (duas faixas de 3,60 m);
- Largura do acostamento externo: 2,50 m;
- Largura da faixa de segurança interna: 1,00 m;
- Largura típica do canteiro central (apenas faixa de grama): 6,00 m;
- Largura da faixa de domínio da rodovia: 80 m (40 m do eixo da pista existente);
- Gabarito Vertical Mínimo: 5,50 metros.

#### 4.1.2 Traçado Planimétrico

O trecho denominado I-B inicia no km 174+200 e vai até o km 180+500. O trecho inicia com a implantação do dispositivo 04 que será descrito na sequência.

A duplicação é integralmente pelo lado esquerdo da pista existente. Para o desenvolvimento do projeto geométrico, foi adotado preferencialmente o eixo paralelo ao da pista existente a uma distância de 15,20 m.

O eixo projetado foi estaqueado a cada 20,00 m, indicando os rumos dos alinhamentos e as curvas numeradas, cujos elementos constam de tabelas nas pranchas de projeto.

Os bordos da plataforma foram representados e as projeções dos off-sets demarcadas em convenções diferenciadas para cortes e aterros.

A seguir são apresentados os quadros resumo das curvas projetadas:

Tabela 16: Quadro de Curvas Horizontais

TIPO	LC1	R	DE	T	AC	LC2
Circular	-	3200,00	200,62	100,35	03° 35' 32"	-
Circular	-	1800,00	112,85	56,44	03° 35' 32"	-
Circular	-	1800,00	112,84	56,44	03° 35' 30"	-
Circular	-	3200,00	200,60	100,33	03° 35' 30"	-
Transição	80,00	625,00	235,34	119,08	28° 54' 30"	80,00
Circular	-	2544,80	182,46	91,27	04° 06' 29"	-
Circular	-	1534,80	81,40	40,71	03° 02' 19"	-

O raio mínimo exigido por norma para essa classificação de rodovia é de 230,00 m. Entretanto, devido às condições da pista existente, foi possível adotar como raio mínimo de projeto 625,00 m com superelevação de 4,80% e superlargura de 0,40m.

#### **4.1.3 Traçado Altimétrico**

No perfil projetado foram indicadas as linhas do terreno natural, da projeção do greide da pista existente e do projeto, representando este último a superfície do greide de pavimentação no eixo da plataforma.

O greide foi projetado buscando o menor desnível possível nos acessos particulares e de forma a não criar desnível excessivo entre pistas mantendo rampa máxima de 4,5%, atendendo aos requisitos de norma.

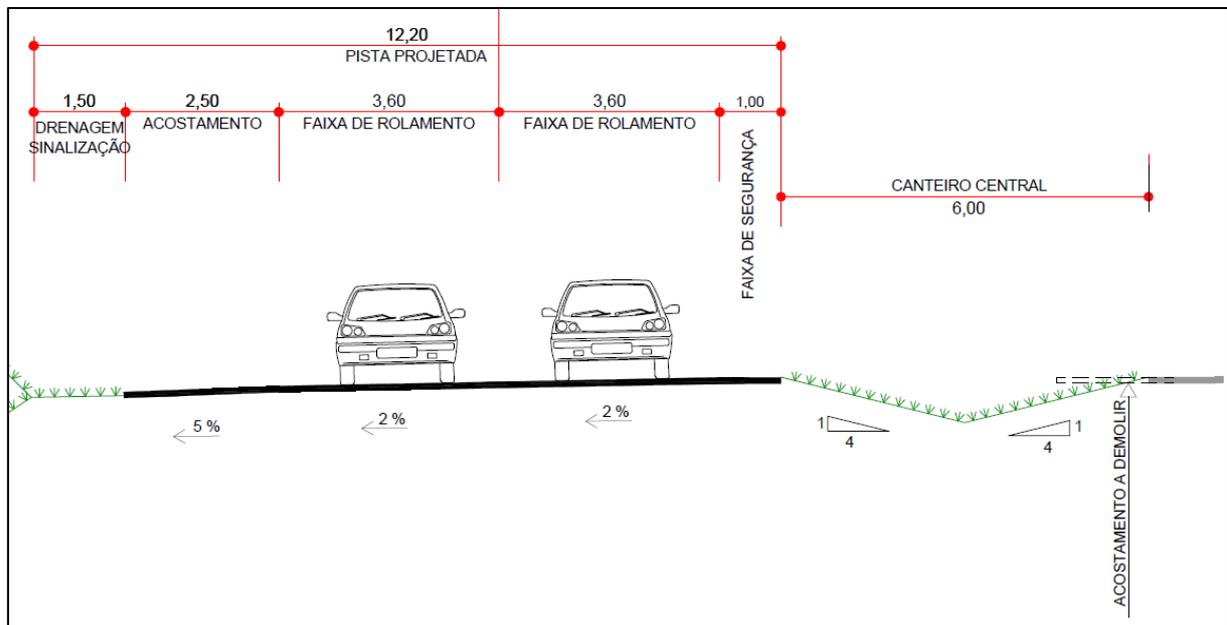
Cabe observar que a pista existente possui rampas com inclinação superior a 4,5%, valor máximo recomendado por norma para rodovias Classe I com relevo ondulado, bem como curvas verticais com parâmetros abaixo do mínimo, nas quais não foram previstas intervenções.

As estacas foram numeradas, foram indicados percentagens e comprimentos das rampas, o comprimento das projeções horizontais das curvas de concordância vertical "Y", o comprimento da flecha "e" das curvas verticais e as estacas e cotas do PIV, PCV e PTV de cada curva vertical.

#### **4.1.4 Seção Transversal**

A seção transversal da rodovia duplicada é composta por duas pistas de rolamento com 7,20 m de largura (duas faixas de tráfego de 3,60 m cada), separadas por canteiro central de 6,00 m. Na largura do canteiro central não estão contabilizadas as duas faixas de segurança de 1,00 m. Os acostamentos externos terão 2,50 m acrescidos de 1,50 m para corte e 1,00 m para aterro na plataforma de terraplenagem, para possibilitar a implantação da drenagem e sinalização viária. Em trechos urbanos, o canteiro central foi substituído por barreira de concreto para separação das pistas.

Figura 26: Seção Tipo de Duplicação



#### 4.1.5 Superelevação e Superlargura

Seu cálculo e distribuição estão de acordo com o que recomendam as normas de projeto do DNIT, com o eixo de rotação da plataforma coincidente com o eixo da pista (eixo de projeto) e  $E_{máx}$  de 8%. No cálculo da superlargura e para uma velocidade diretriz de 80 km/h, o veículo-tipo a ser utilizado é o “BTL” (Bitrem de 9 eixos) das normas do DNIT.

#### 4.1.6 Dispositivo 04

O dispositivo 04 está localizado no início do trecho 1B, km 174+630. Para este local foi projetada uma interseção tipo diamante com readequação da linha geral.

Este dispositivo foi dimensionado para possibilitar que veículos de carga articulados (BT9), conhecido como Bitrem de 9 eixos, com comprimento total de 25 metros, não apresentem dificuldades de manobra em suas conversões.

Neste dispositivo foi projetado uma passagem superior garantindo o gabarito mínimo de 5,50 m, com esconsidade de  $25^\circ$  com a pista principal. Esta esconsidade se deve ao acompanhamento do alinhamento da via existente, e principal acesso de Dr. Camargo, que cruza a rodovia. As dimensões da obra são de 29,50 m x 13,50 m (duas

faixas de 5,00 m, acrescidas de faixa de segurança externa de 0,60m + 0,40 de barreira, além de calçada de 2,00m com barreira de 0,40 m e guarda corpo de 0,10m).

Os ramos neste dispositivo totalizam 7,60 m de largura.

As faixas de aceleração e desaceleração estão compatíveis com a velocidade diretriz de 80 km/h.

O ramo 300 do dispositivo 04 foi considerado uma via marginal, denominada de Marginal 1C. Com uma extensão de 1000 metros, apresenta uma largura de pista com duas faixas de 3,50m, estacionamento com 2,00m de largura e calçada. O alinhamento da via com os confrontantes foi adequado a suprir acesso para as indústrias e comércio locais atendendo as demandas da região.

## 4.2 PROJETO DE TERRAPLENAGEM

O projeto foi elaborado de forma a definir as escavações e aterros necessários à implantação de melhorias na rodovia, de acordo com os elementos fornecidos pelos estudos topográficos e definições do projeto geométrico, além das recomendações dos estudos geológico e geotécnico e, ainda, das recomendações técnicas do DNIT. Dos detalhes do Projeto Geométrico e nos desenhos do Projeto de Terraplenagem figuram as premissas para gabarito e geração dos volumes, destacando:

- Talude de corte em 1ª categoria: 1V:1H;
- Talude de aterro: 1V:1,5H e contenções;

Cálculo dos volumes: através de dados de levantamentos topográficos e projeto 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 semidistâncias entre estacas, gerando os volumes de cada interperfil.

## 4.3 CORTES

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. O esquema da **Erro! Fonte de referência não encontrada.** representa a recomendação:

- Rebaixamento do leito de terraplenagem: escavação em 40 cm + escarificação de 20 cm em seções de corte, ou mistas, garantindo CBR mínimo e Grau de Compactação. Compactação e condições em conformidade com recomendações de camadas finais de terraplenagem. Verificou-se que a qualidade do subleito, em relação aos resultados dos ensaios de laboratório para ISC, é satisfatória ao Projeto de Pavimentação. Contudo, salienta-se que tal ensaio apresenta condições a serem garantidas nos processos de terraplenagem. Ou seja, as condições in situ apresentarão umidades e grau de compactação diferentes da condição considerada ideal para o pavimento. O projeto adotou solução de rebaixamento do subleito em todos os cortes projetados, visando à correção da umidade natural e consequente grau de compactação, uniformizando, assim, as camadas finais de terraplenagem (consoante às últimas camadas da plataforma em aterro). Vale destacar que tal rebaixamento não impõe substituição do solo, sendo que as operações recomendadas são: escavação do subleito, correção da umidade à umidade ótima, recompactação do material escavado (conforme DER/PR ES-T 02/18). Diante disto, recomenda-se:
  - Escavação do subleito, em espessura de 60 cm, com armazenamento nas proximidades do material removido. Verificar presença de raízes e removê-las;
  - Correção da umidade natural;
  - Lançamento, em camadas de 20 cm, e compactação com energia de 100% do PI.
- 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 à 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;

#### **4.4 ATERROS**

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. Também serão compactados todos os materiais destinados ao DME.

Indica-se:

- Corpo de aterro: CBR mínimo de 4% e expansão máxima de 2%. Grau de compactação de 100% PN para solos e equivalente em aterro de rocha;
- Camadas finais e recomposição de rebaixos: CBR mínimo de 12% e expansão próxima a 0%. Compactação a 100% PI;
- DME: lançamento em camadas e compactação conforme corpo de aterro, a fim de garantir segurança/estabilidade do local;
- 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 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% do PI.

#### **4.5 SERVIÇOS DE LIMPEZA E DESTOCAMENTO**

A limpeza foi quantificada pela área relativa à projeção em planta da duplicação e largura extra (1,0 m), equivalentes a 0,20 m. O material proveniente deverá ser lançado e compactado em locais apropriados. O material removido na limpeza extra deverá ser enleirado nas proximidades para posterior recomposição do local afetado.

#### **4.6 FATOR DE HOMOGENEIZAÇÃO**

Os fatores utilizados para correção do aterro geométrico foram estabelecidos conforme ensaios geotécnicos: 1,25 Pie 1,20 PN.

#### **4.7 DEP. DE MATERIAIS EXCEDENTES E ÁREAS DE EMPRÉSTIMO**

Para execução da terraplenagem proposta, torna-se necessário depositar material excedente e inutilizável em aterro específico. Os desenhos PR323-174.200-DUP-DE-TER-PEas propostas para depósitos. Foram propostos 25 locais.

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*.

#### **4.8 FUNDAÇÃO DE ATERROS E BUEIROS**

A análise geotécnica e de estabilidade de taludes apontou para solo de baixa capacidade de suporte no subleito de alguns segmentos. Verificou-se também a necessidade de tratamento na fundação de OACs destes segmentos. As soluções recomendadas para correção compreendem desde a remoção da camada pouco

compactada (tratamento da umidade e recomposição com mesmo material), e remoção com recomposição em material de melhor qualidade. As escavações/aterros deverão se desenvolver em etapas, visando à estabilidade do maciço lateral. Ainda, é de fundamental importância corrigir a fundação do bueiro projetado. A equipe executora deverá compatibilizar a solução na estaca e proximidade do bueiro.

São previstas 2 intervenções para melhorias nas fundações: estaca 8822 à 8828 e 8868, 634.

#### **4.9 ESCAVAÇÕES EXTRAS**

Algumas escavações foram separadas dos demais cortes, findando em: canais para drenagem, conformação de bueiros e abertura de pista existente.

As aberturas para canais de drenagem compreendem atividades de remoção do solo e colocação em bota-fora. Caso a executar julgue necessário aproveitar o material escavado, promover limpeza e seleção do mesmo.

As escavações para conformação de bueiros são necessárias para permitir a vazão conforme dimensionamento hidráulico. Por vezes, faz-se necessária adequação com preenchementos, para qual se indica uso do próprio material local escavado. Verificar Projeto de Drenagem.

Faz-se necessário promover escavações na pista existente com intuito de implantar o novo dispositivo de drenagem e, em determinadas ocasiões, executar melhoria na fundação do novo bueiro. As escavações ocorrerão nas estacas 8825+18,88, 8868+12,68 e 8910+4,34. Recomenda-se:

- Garantir fechamento/desvio do tráfego rodoviário;
- Promover drenagem auxiliar/provisória, conforme descrito no plano de execução deste Projeto Executivo;
- Executar remoção do pavimento, conforme especificações referentes;
- Promover escavações com taludes de inclinação 1V:1,2H, exceto na estaca 8825+18,368 (1V:2H). Altura máxima de taludes, entre banquetas, igual a 8,0 m. As banquetas deverão ter largura de 3,0 m e inclinadas de modo a permitir

drenagem provisória. As escavações devem ser acompanhadas por profissional capacitado;

- Onde necessário, executar troca do solo de fundação do bueiro, conforme seções tipo;
- Executar OAC;
- A execução do aterro próximo ao bueiro deverá obedecer ao preconizado nas recomendações e especificações do Projeto de Drenagem, garantindo a integridade do dispositivo. Executar escalonamento durante alteamento do aterro. Após aterrar à cota indicada nas Especificações de Serviço de OACs, promover atividades com equipamentos convencionais de aterro, conforme DER/PR ES-T 06/18;

#### 4.10 DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES

Os cortes e aterros foram divididos conforme categoria de escavação, aplicação e camada a ser compactada. A movimentação destas massas é indicada nos desenhos PR323-174.200-DUP-DE-TER-PE, tendo como resumos (Tabela 17 e Tabela 18):

Tabela 17: Resumo da Movimentação – Cortes

INTERVALO DMT (m)	VOL. CORTES (m³)					TOTAL
	1ª cat.	Rebaixos 1ª	Remoção/Reco mpactação	Aquisição 3ª cat	Camada Vegetal	
0 a 200	29.078,40	19.791,90	6.800,00	-	858,60	56.528,90
200 a 400	14.071,80	-	-	-	6.720,30	20.792,10
400 a 600	39.050,10	-	-	-	-	39.050,10
600 a 800	2.187,60	-	-	-	2.225,50	4.413,10
800 a 1000	1.345,20	-	-	-	2.766,00	4.111,20
1000 a 1200	11.056,30	-	-	-	-	11.056,30
1200 a 1400	-	-	-	-	2.563,70	2.563,70
1400 a 1600	32.263,60	-	-	-	-	32.263,60
1600 a 2000	22.720,00	-	-	-	22.044,90	44.764,90
2000 a 3000	51.393,40	-	-	-	-	51.393,40
3000 a 4000	2.201,90	-	-	-	-	2.201,90
4000 a 5000	-	-	-	-	-	-
5000 a 6000	829,90	-	-	-	-	829,90
> 10000	-	-	-	5.240,00	-	5.240,00
<b>TOTAL</b>	<b>206.198,20</b>	<b>19.791,90</b>	<b>6.800,00</b>	<b>5.240,00</b>	<b>37.179,00</b>	<b>275.209,10</b>

INTERVALO DMT (m)	VOL. CORTES (m³)					TOTAL
	1ª cat.	Rebaixos 1ª	Remoção/Recompactação	Aquisição 3ª cat	Camada Vegetal	
<b>FATOR DE HOMOGENEIZAÇÃO</b>						
<b>VOLUMES GEOMÉTRICOS</b>						

Tabela 18: Resumo da Movimentação – Aterros

INTERVALO DMT (m)	VOL. ATERROS (m³)						TOTAL
	DME (100% PN)	Rec. de Rebaixos (100% PI)	Cam. Final Aterro (100% PI)	Corpo de Aterro (100% PN)	Fundação de Aterros (3ª cat)	Fundação de Aterros (100% PN)	
0 a 200	17.010,00	21.120,20	1.112,00	16.126,70	-	1.160,00	56.528,90
200 a 400	13.643,90	102,10	1.565,40	5.480,70	-	-	20.792,10
400 a 600	3.676,50	939,50	2.094,60	32.107,50	-	232,00	39.050,10
600 a 800	3.773,40	436,30	-	-	-	203,40	4.413,10
800 a 1000	2.766,00	-	847,60	497,60	-	-	4.111,20
1000 a 1200	9.560,30	584,60	911,40	-	-	-	11.056,30
1200 a 1400	2.563,70	-	-	-	-	-	2.563,70
1400 a 1600	32.263,60	-	-	-	-	-	32.263,60
1600 a 2000	27.973,90	-	3.547,50	6.955,50	-	6.288,00	44.764,90
2000 a 3000	36.179,30	438,70	3.424,40	11.351,00	-	-	51.393,40
3000 a 4000	1.909,00	292,90	-	-	-	-	2.201,90
4000 a 5000	-	-	-	-	-	-	-
5000 a 6000	-	829,90	-	-	-	-	829,90
> 10000	-	-	-	-	5.240,00	-	5.240,00
<b>TOTAL</b>	<b>151.319,60</b>	<b>24.744,20</b>	<b>13.502,90</b>	<b>72.519,00</b>	<b>5.240,00</b>	<b>7.883,40</b>	<b>275.209,10</b>
<b>FATOR DE HOMOGENEIZAÇÃO</b>	1,20	1,25	1,25	1,20	1,00	1,20	-
<b>VOLUMES GEOMÉTRICOS</b>	<b>126.099,70</b>	<b>19.795,40</b>	<b>10.802,30</b>	<b>60.432,50</b>	<b>5.240,00</b>	<b>6.569,50</b>	<b>228.939,40</b>

## 4.11 PROJETO DE CONTENÇÃO E ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES

### 4.11.1 Estabilização de Taludes

Os estudos de estabilidade de taludes foram realizados para atender o projeto em desenvolvimento, objetivando conhecer e reduzir os problemas geológicos-geotécnicos

responsáveis por movimentos de massa, e de recalques que possam interferir na operação e segurança da rodovia.

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste estudo foi fundamentada primeiramente no entendimento das condicionantes impostas pelo meio físico no desenvolvimento dos processos de formação do relevo, envolvendo o tipo de substrato rochoso, a formação dos solos derivados e os processos pedogenéticos atuantes e os mecanismos de instabilidade atuantes nos cortes e aterro propriamente ditos.

Posteriormente, com base nas informações preliminares foram planejadas e executadas as campanhas de sondagem a percussão e trado que subsidiaram a definição dos perfis geológicos geotécnicos e coletas de amostras indeformadas para realização de ensaios de cisalhamento direto. De posse desse importante complemento de informações de subsuperfície foram definidas as melhores condições de terreno para desenvolvimento do traçado e a configuração dos terraplenos, envolvendo análises de estabilidade e, por fim foi avaliado a necessidade de soluções adicionais para tratamento dos taludes, de modo a otimizar recursos e garantir a segurança dos usuários e da própria via nas fases de construção e operação.

#### **4.11.1.1 Fator de Segurança**

As análises de estabilidade foram realizadas tomando como base as recomendações da Norma Brasileira de Estabilidade de Encostas, NBR 11682/2009, que recomenda a definição do Fator de segurança (FS) considerando os níveis de segurança contra perda de vidas humanas e contra danos materiais e ambientais, apresentados nas tabelas a seguir, respectivamente.

Tabela 19 - Níveis de segurança contra perda de vidas humanas, conforme NBR 11682/2009.

<b>Nível de Segurança</b>	<b>Critérios</b>
<b>Alto</b>	Áreas com intensa movimentação e permanência de pessoas, como edificações públicas, residenciais ou industriais, estádios, praças e demais locais, urbanos ou não, com possibilidade de elevada concentração de pessoas. Ferrovias e rodovias de tráfego intenso.
<b>Médio</b>	Áreas e edificações com movimentação e permanência restrita de pessoas. Ferrovias e rodovias de tráfego moderado
<b>Baixo</b>	Áreas e edificações com movimentação e permanência eventual de pessoas. Ferrovias e rodovias de tráfego reduzido.

Tabela 20 - Níveis de segurança contra danos materiais e ambientais, conforme NBR 11682/2009.

<b>Nível de Segurança</b>	<b>Critérios</b>
<b>Alto</b>	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de alto valor histórico, social ou patrimonial, obras de grande porte e áreas que afetem serviços essenciais. Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais graves, tais como nas proximidades de oleodutos, barragens de rejeito e fábricas de produtos tóxicos.
<b>Médio</b>	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de valor moderado. Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais moderado.
<b>Baixo</b>	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de valor reduzido. Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais reduzidos.

Baseado nas tabelas anteriores, os taludes ferroviários foram classificados, respectivamente, como nível médio de exigência de segurança em relação à possibilidade de perdas de vidas humanas e médio para possibilidade de danos materiais e ambientais.

Tabela 21 - FS adotado para os taludes do projeto.

Nível de segurança contra danos materiais e ambientais \ Nível de segurança contra perdas de vidas humanas	Alto	Médio	Baixo
	Alto	1,5	1,5
Médio	1,5	<u>1,4</u>	1,3
Baixo	1,4	1,3	1,2

Com isso, de acordo com a tabela a seguir, definida pela NBR 11682/2009, o Fator de segurança para ruptura global adotado neste projeto para taludes de corte e aterro foi de 1,4.

#### 4.11.1.2 Sobrecarga

Para os cálculos de estabilidade foi considerado uma sobrecarga uniformemente distribuída de 20 kN/m<sup>2</sup>. Este carregamento foi aplicado em todo trecho onde ocorre trânsito rodoviário e nas situações consideradas desfavoráveis. Onde a influência dessa sobrecarga passa a ser positiva à estabilidade, as mesmas não foram utilizadas.

#### 4.11.1.3 Estabilidade dos cortes

Conforme abordado nos estudos geológicos, O segmento de projeto se desenvolve integralmente sobre a Formação Serra Geral, pertencente ao Grupo São Bento.

Para análise de estabilidade dos cortes foram executadas sondagens à percussão, além de sondagens a trado. Baseado nas inspeções de campo e resultados das sondagens e ensaios, o trecho do projeto foi considerado de comportamento geológico geotécnico homogêneo, composto por solos argilo siltosos com NSPT's crescentes com a profundidade.

A definição dos parâmetros de resistência adotados nas análises de estabilidade foi baseada nos resultados das sondagens SPT. Os parâmetros de resistência a serem utilizados na presente análise de estabilidade são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 22. Parâmetros de resistência dos materiais adotados nas análises de estabilidade.

Cor	Nome	Peso Específico (kN/m <sup>3</sup> )	Coesão' (kPa)	Phi' (°)
	Solo residual silto arenoso cinza medianamente compacto	18	6	30
	Solo residual argiloso pouco siltosa mole marrom	17	6	25
	Solo residual silto argiloso médio roxo /avermelhado	17	8	28

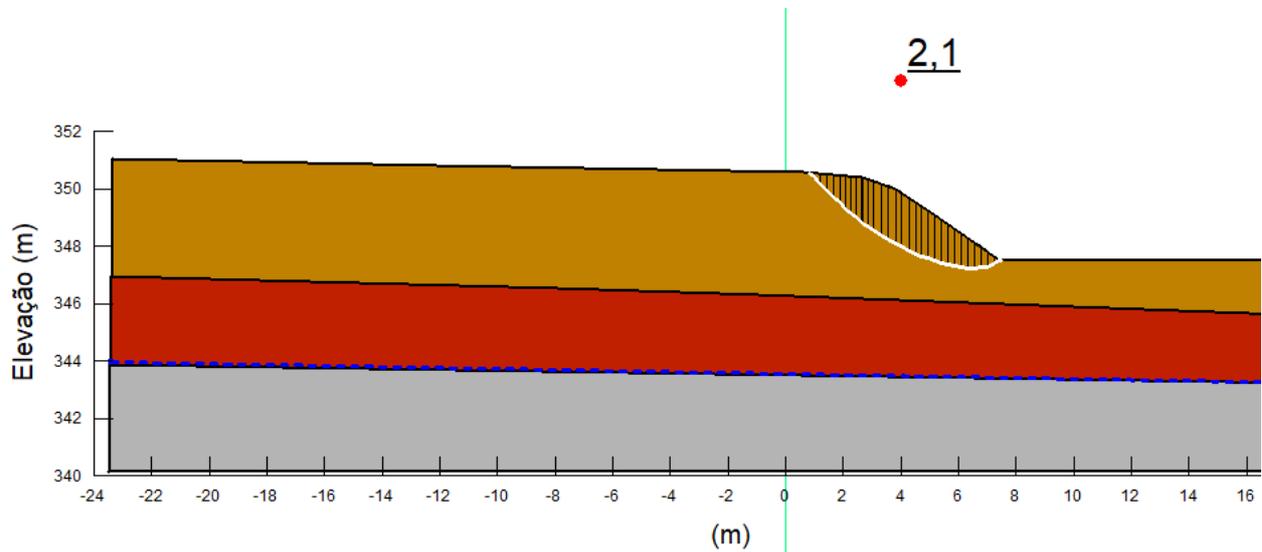
As análises de estabilidade foram realizadas com o auxílio do software GeoSlope - Slope/W, cujo Fator de segurança foi determinado pelo método do equilíbrio limite de momentos e forças de Morgenstern-Price.

Na região de implantação do projeto, os cortes mais suscetíveis a instabilidade global são os cortes projetados para implantação do dispositivo 04 e respectivos ramos e o corte projetado entre a estaca 8785 e 8810.

Do lado esquerdo da pista projetada, da estaca 8785 até a estaca 8810, os taludes foram projetados com inclinação 1V:1H e 5,00 metros de altura máxima.

Primeiramente, foi avaliado o Fator de segurança do corte existente, do lado esquerdo da pista existente, na estaca 8795 do projeto. A figura a seguir apresentam o resultado da análise de estabilidade.

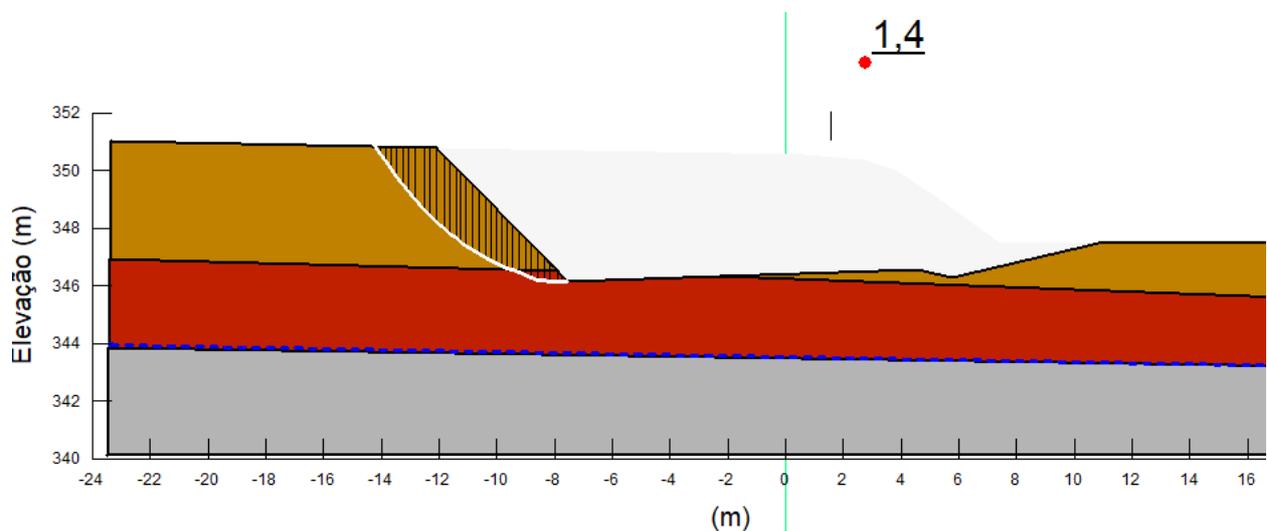
Figura 27: Fator de segurança do corte existente com inclinação de 1,0V:1,5H aproximadamente - ESTACA 8795.



O fator de segurança para o talude existente é alto (FS=2,1). Todavia é um fator de segurança coerente com a realidade visto que os taludes existentes são estáveis, de pequena altura e de inclinação suave.

A figura a seguir apresenta o fator de segurança verificado para os cortes projetados na ESTACA 8795 com inclinação 1H:1V

Figura 28: Fator de segurança do corte projetado do lado esquerdo na estaca 8795.



Os resultados das análises de estabilidade realizadas mostraram que o fator de segurança, considerando a configuração geométrica de terraplenagem prevista no projeto para os cortes da 8785 até a 8810 é de, no mínimo 1,4, ou seja, atende ao definido pela NBR 11682/2009.

Os cortes projetados para implantação do dispositivo 04 e respectivos ramos apresentam altura e inclinação variáveis.

As figuras a seguir apresentam os fatores de segurança do corte do lado esquerdo (ramo 300) nas estacas 8728, 8729, 8736 e 8737, respectivamente.

Figura 29: Fator de segurança do corte projetado do lado esquerdo (ramo 300) na estaca 8728.

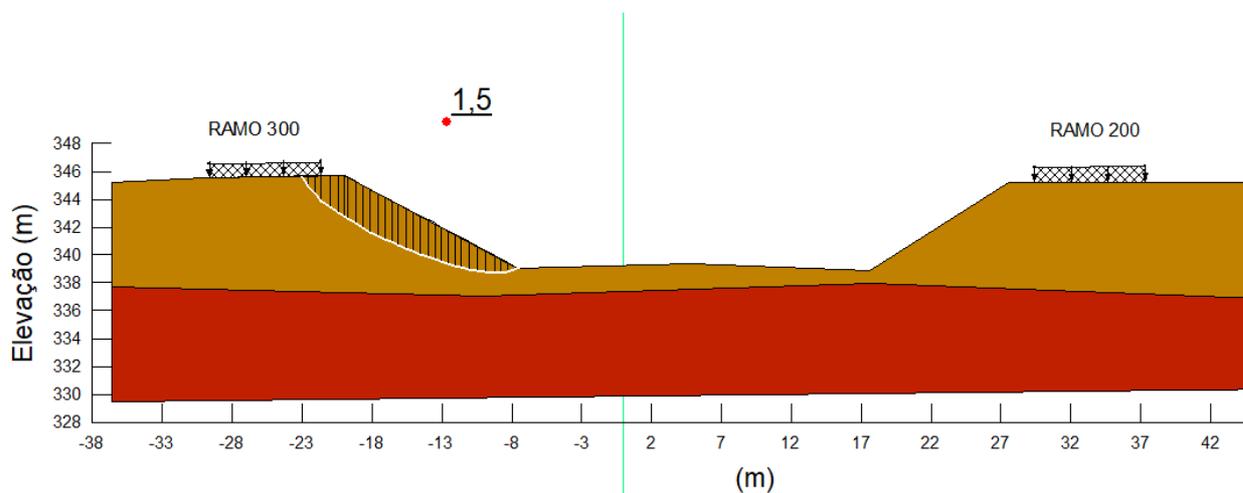


Figura 30: Fator de segurança do corte projetado do lado esquerdo (ramo 300) na estaca 8729.

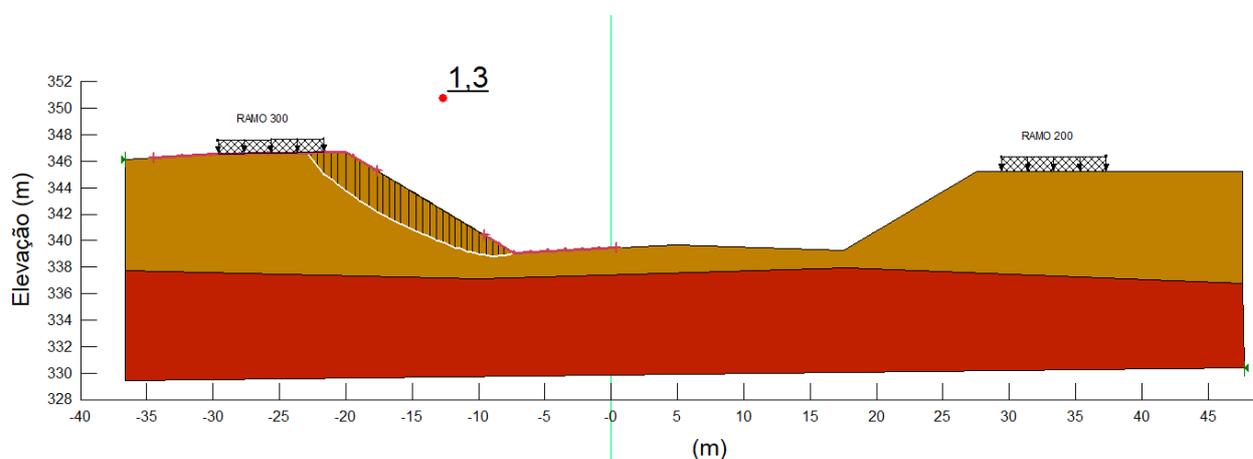


Figura 31: Fator de segurança do corte projetado do lado esquerdo (ramo 300) na estaca 8736.

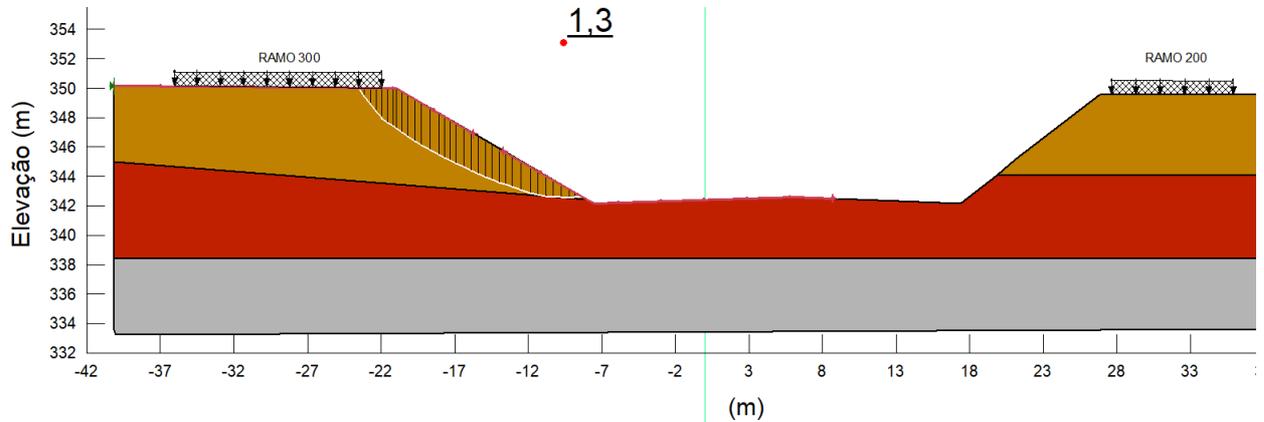
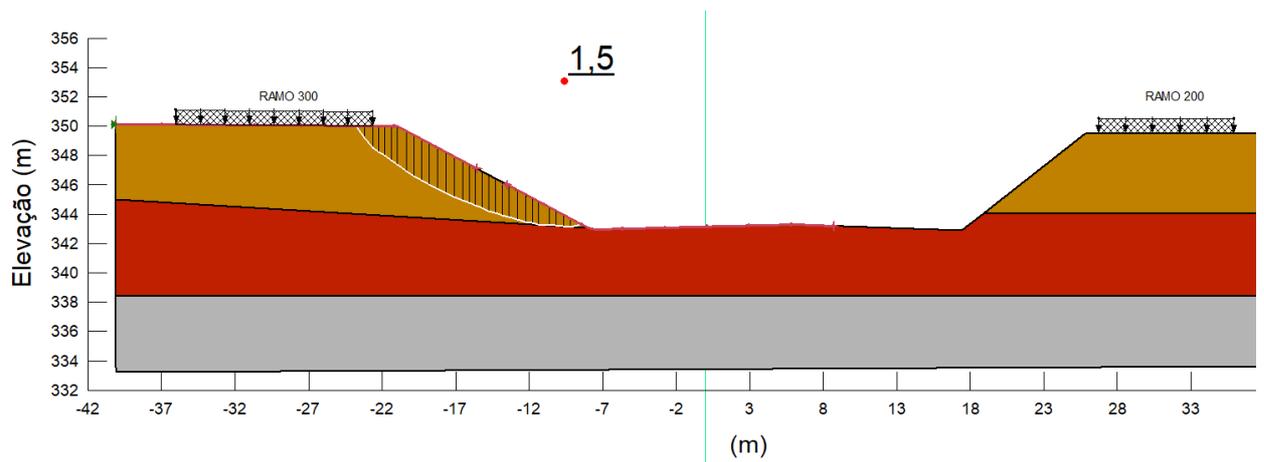


Figura 32: Fator de segurança do corte projetado do lado esquerdo (ramo 300) na estaca 8737.



As figuras a seguir apresentam os fatores de segurança do corte do lado direito (ramo 200) nas estacas 8728, 8729, 8737 e 8738.

Figura 33: Fator de segurança do corte projetado do lado direito (ramo 200) na estaca 8728.

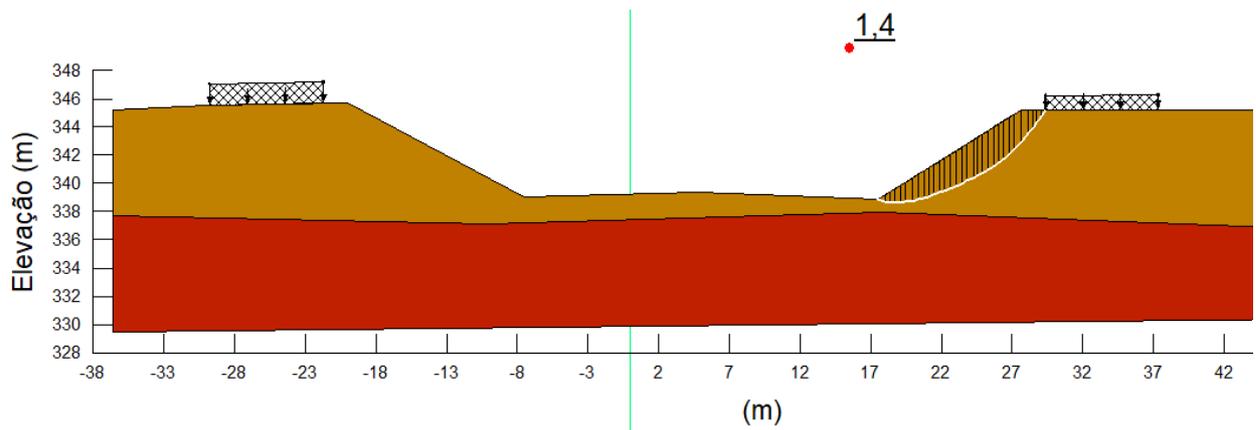


Figura 34: Fator de segurança do corte projetado do lado direito (ramo 200) na estaca 8729.

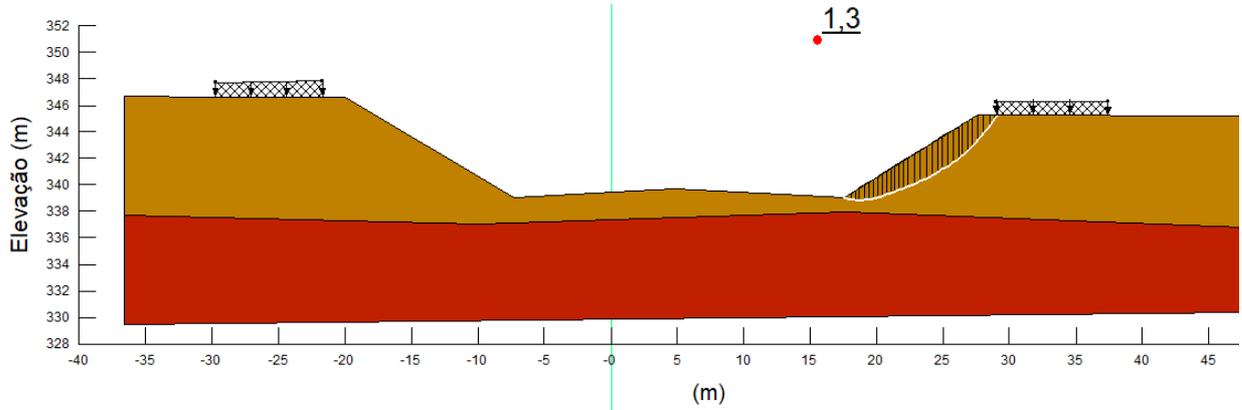


Figura 35: Fator de segurança do corte projetado do lado direito (ramo 200) na estaca 8737.

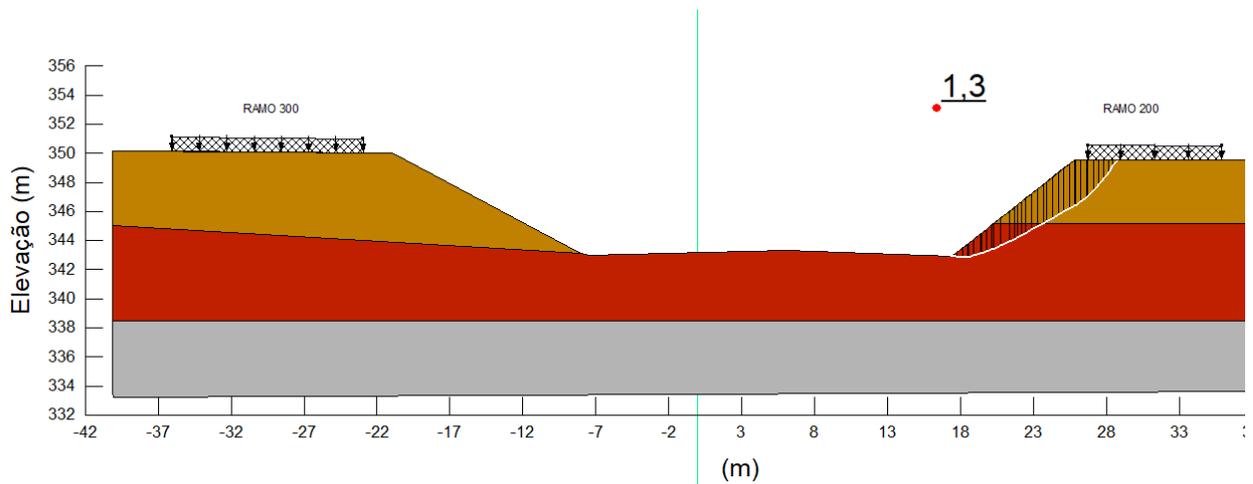
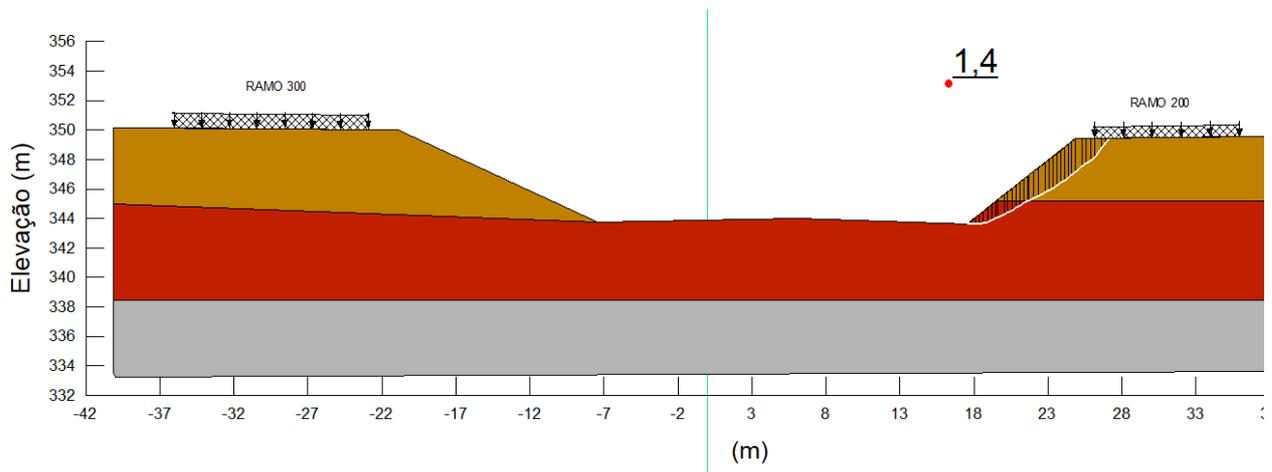


Figura 36: Fator de segurança do corte projetado do lado direito (ramo 200) na estaca 8738.



Os resultados das análises de estabilidade realizadas mostraram que os fatores de segurança dos cortes da estaca 8729 até a estaca 8736 (lado esquerdo) e da estaca 8729 até a estaca 8737 (lado direito) é menor que 1,4, e não atende ao FS mínimo definido pela NBR 11682/2009.

Para garantir o fator de segurança mínimo de 1,4 nestes dois trechos, foi projetada uma contenção em solo grampeado da estaca 8728+10 à estaca 8736+10 (lado esquerdo) e da estaca 8728+10 à estaca 8737+10 (lado direito).

As memórias de cálculo das contenções podem ser verificadas no item de contenções deste relatório.

#### **4.11.1.4 Estabilidade dos aterros**

Para avaliar a capacidade de suporte dos solos de fundação e estabilidade global dos aterros existentes e projetados foram executadas sondagens a percussão e sondagens a trado.

Assim como as seções em corte, os aterros foram projetados no domínio da unidade geológica denominada Formação Serra Geral, pertencente ao Grupo São Bento e Depósitos Aluvionares.

##### **4.11.1.4.1 Verificação da estabilidade global dos aterros projetados**

As análises de estabilidade para ruptura global dos aterros foram realizadas com o auxílio do software GeoSlope - Slope/W, cujo Fator de segurança foi determinado pelo método do equilíbrio limite de momentos e forças de Morgenstern-Price.

A definição dos parâmetros de resistência dos solos que compõe cada seção de aterro analisada seguiu a mesma premissa definida para os cortes.

A estimativa da resistência não drenada ( $S_u$ ) da argila orgânica preta, foi apoiada no modelo proposto por Teixeira & Godoy (1996) que sugere a seguinte correlação do  $S_u$  com o índice de resistência à penetração ( $N$ ) do SPT:

$$S_u = 10N \text{ (KPa)}$$

O NSPT da argila orgânica preta identificada na sondagem SP-231 é na ordem de 1,7 golpes, portanto pelo modelo proposto por Teixeira & Godoy (1996), o  $S_u$  considerado no projeto para esta argila foi de 17 kPa.

Os parâmetros de resistência dos solos adotados nas análises são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 23. Parâmetros de resistência dos materiais adotados nas análises de estabilidade.

Cor	Nome	Peso Específico (kN/m <sup>3</sup> )	Coesão' (kPa)	Phi' (°)	Phi-B (°)	Coesão (kPa)
■	ARGILA ORGÂNICA	16				17
■	ATERRO EXISTENTE	18	3	28	0	
■	ATERRO PROJETADO	18	8	29	0	
■	Solo residual silto arenoso cinza e amarelo medianamente compacto	18	6	30	0	
■	Solo residual argilo siltooso com areia médio marrom	17	8	28	0	
■	Solo residual argilo siltooso mole marrom	17	6	25	0	

Ao longo do projeto, as seções em aterro que apresentam configurações geométricas mais suscetíveis a ruptura global são definidas pelas estacas 8826+5 e 8870+0. As figuras a seguir apresentam os perfis geológico geotécnico de cada estaca.

Figura 37: Perfil geológico geotécnico - ESTACA 8826+5.

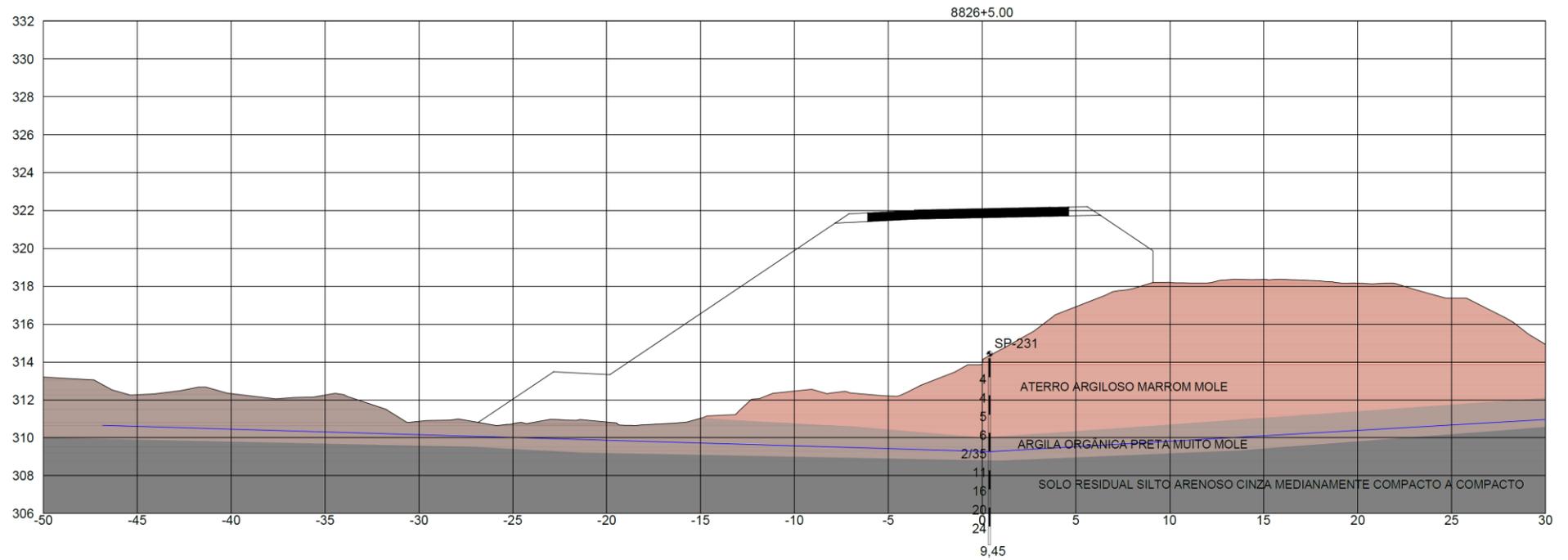
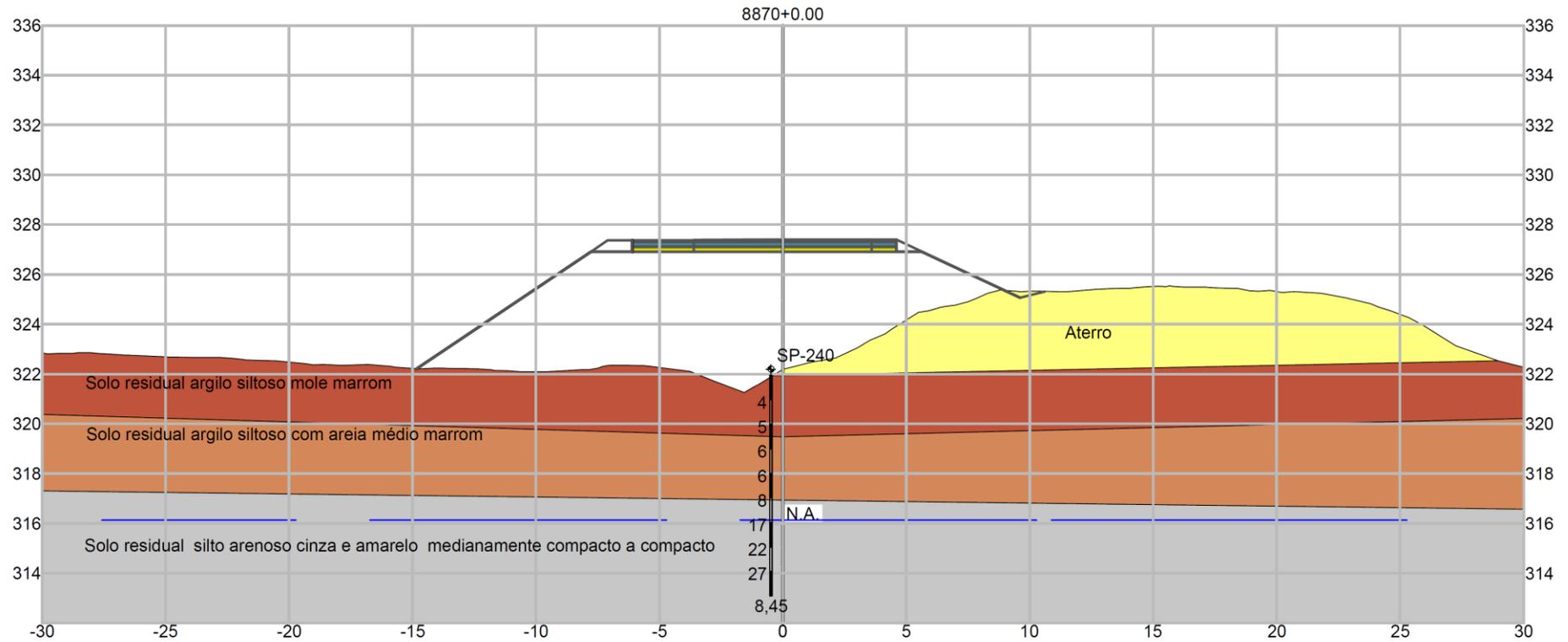


Figura 38: Perfil geológico geotécnico - ESTACA 8870+0.



As figuras a seguir demonstram os fatores de segurança da estaca 8826+5 do aterro existente, projetado sem tratamento do solo de fundação e projetado considerando tratamento do solo de fundação.

Figura 39: Fator de segurança do aterro existente - ESTACA 8826+5.

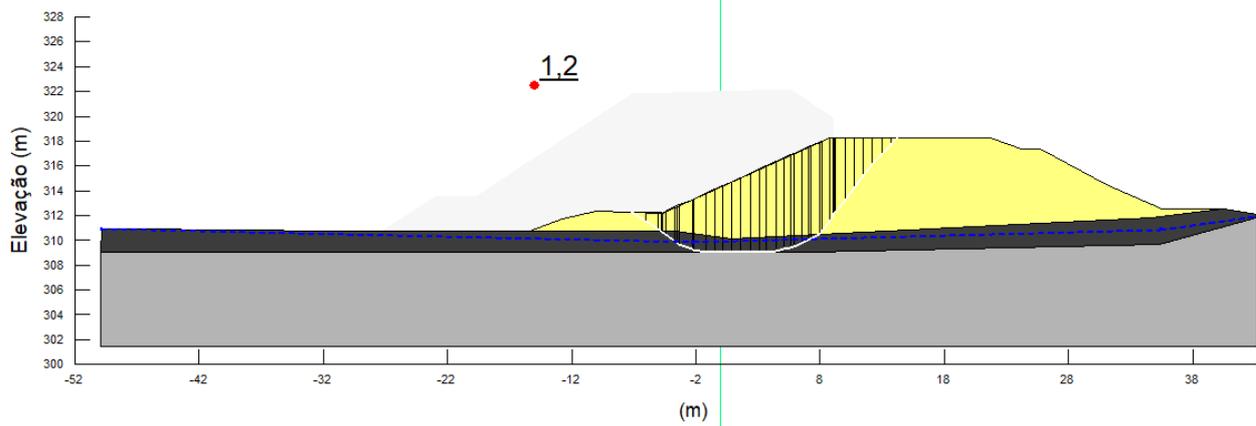


Figura 40: Fator de segurança para o aterro projetado SEM tratamento de solo de fundação - ESTACA 8826+5.

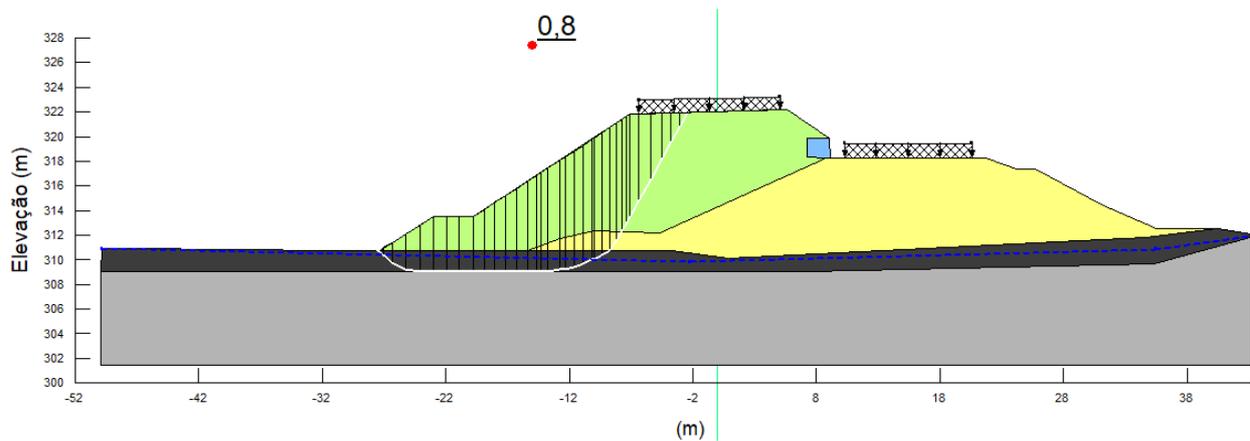
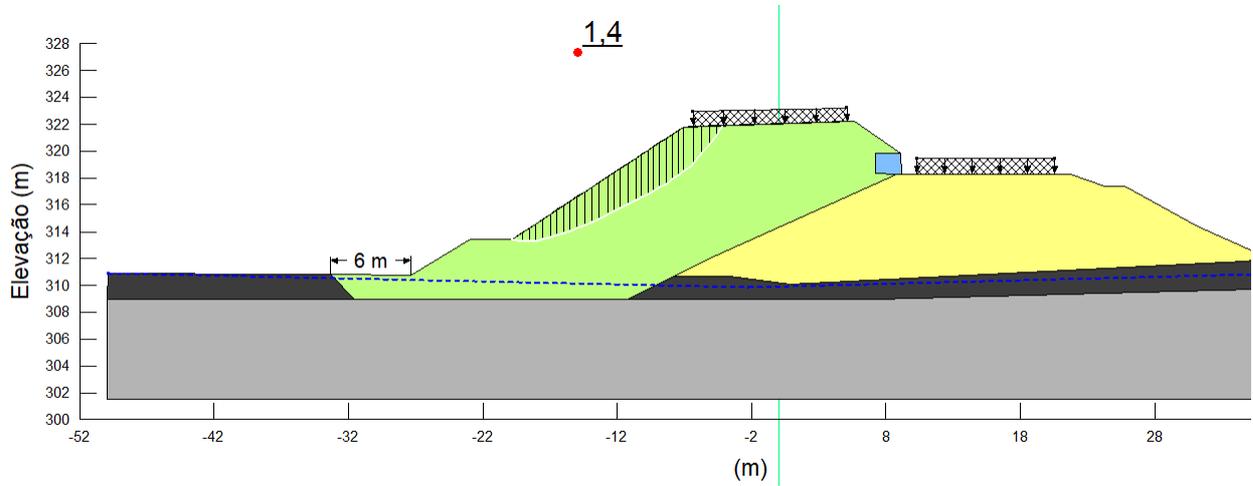


Figura 41: Fator de segurança para o aterro projetado com tratamento de solo de fundação - ESTACA 8826+5.



As figuras a seguir demonstram os fatores de segurança do aterro existente e projetado na estaca 8870.

Figura 42: Fator de segurança do aterro existente - ESTACA 8870.

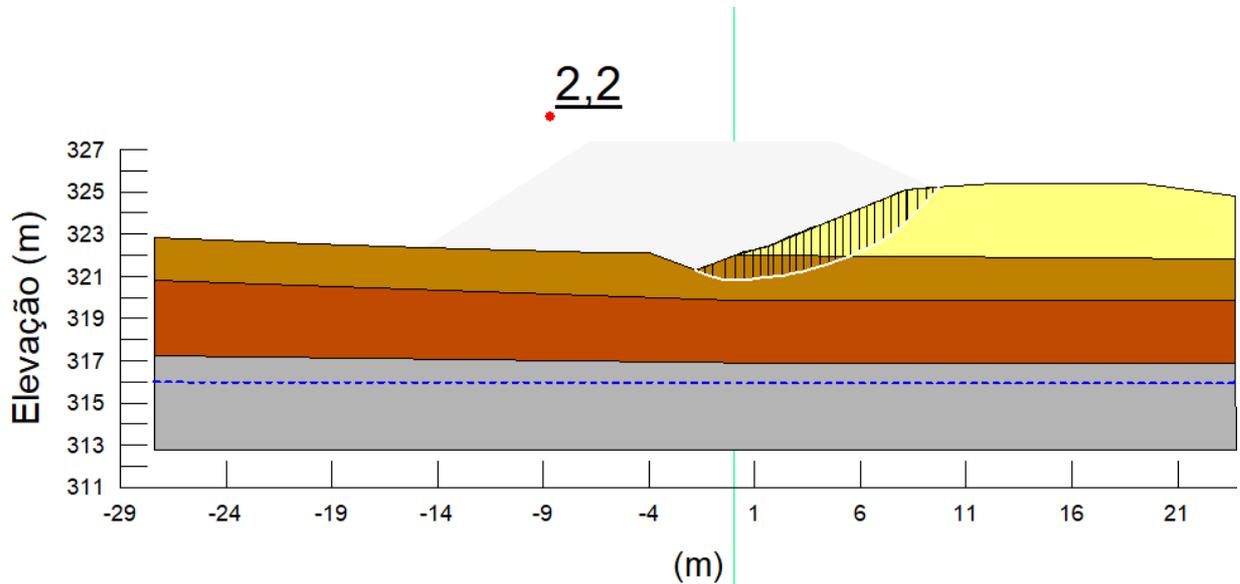
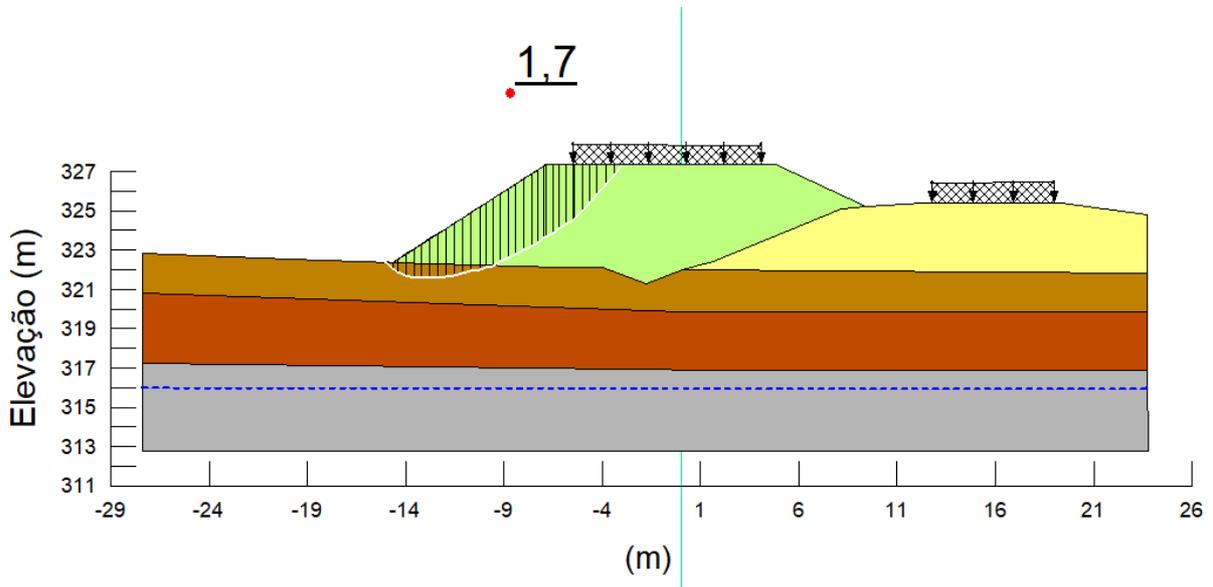


Figura 43: Fator de segurança para o aterro projetado na ESTACA 8870.



Os resultados das análises de estabilidade mostraram que, considerando a configuração de terraplenagem, os fatores de segurança dos aterros projetados, são iguais ou superiores a 1,4, ou seja, atendem ao mínimo definido pela NBR 11682/2009.

Da estaca 8822 até 8828 foi previsto tratamento do solo de fundação do aterro projetado a fim de garantir a estabilidade do aterro projetado com fator de segurança adequado ao mínimo definido pela NBR 11682/2009.

O tratamento consiste na remoção total da argila mole orgânica abaixo do aterro projetado. Abaixo do aterro existente, a argila orgânica não será removida, com exceção da presente sob a galeria projetada. Ao longo da galeria projetada, a remoção da argila mole orgânica deve ser realizada inclusive na região da pista/aterro existente.

Visto que não será possível remover o solo orgânico abaixo do aterro existente, é indispensável o monitoramento dos recalques. Foi indicado na seção tipo de terraplenagem a implantação de marcos superficiais na cota de implantação da contenção. A avaliação do desempenho e evolução dos recalques e a liberação da construção da contenção e liberação do aterro deve ser por parte da Fiscalização.

O aterro armado e alteamento do aterro só devem ser executado/continuado após estabilização dos recalques comprovado por meio do seu monitoramento com marcos superficiais (ver seção tipo de terraplenagem).

O aterro armado não deve sofrer deformações que prejudiquem o seu desempenho. Caso seja evidenciado deformações no aterro armado a projetista deve ser contatada imediatamente.

O projeto está passando muito próximo a rodovia existente, as escavações necessárias para engastamento do aterro projetado assume alta criticidade à segurança e operação da rodovia.

Com o objetivo de manter a segurança da rodovia existente durante a implantação do projeto, os serviços de terraplenagem devem ser executados em panos máximos de 6,0 metros e durante o período de seca. Os aterros existentes não devem ser escavados em períodos chuvosos.

Nos trechos onde está previsto tratamento de fundação do aterro projetado deve-se seguir os seguintes cuidados construtivos:

1. Escavar o pé do aterro existente mantendo-se taludes com inclinação 1,0V:1,5H.
2. Executar o preenchimento da vala
  - 2.1 Da estaca 8822 até 8828, a sondagem SP-231 indicou presença de água superficial que pode dificultar o processo de compactação do solo e arranque do aterro. Portanto, neste trecho foi prevista adoção de rachão compactado até a cota do nível de água (ver seção tipo de terraplenagem).
3. Execução do próximo pano seguindo a etapa 1 e etapa 2 sucessivamente até o final do trecho a ser tratado.
4. Somente após conclusão de todo o tratamento do solo de fundação do aterro projetado iniciar o escalonamento do aterro existente para engastamento do aterro novo.

Para garantir o engastamento do aterro novo/projetado no antigo deve-se executar o denteamento do aterro existente. O denteamento também deve garantir largura mínima de plataforma para trabalhabilidade dos equipamentos de terraplenagem no corpo de aterro.

#### 4.11.1.4.2 Verificação do terreno de fundação dos aterros e das obras de arte correntes (bueiros)

No trecho compreendido entre o km 174+200 ao km 180+500 localizado entre Doutor Camargo e a Futura Variante do Rio Ivaí foram projetados 4 bueiros.

A tensão admissível do solo de fundação dos bueiros foi avaliada considerando a tensão admissível do solo natural, ou seja, aquela abaixo da camada final projetada pelo método semiempírico baseado em ensaios SPT, dado por:

$$\sigma_{adm} = N2b/CS$$

Onde

$\sigma_{adm}$  = tensão admissível do solo (kgf/cm<sup>2</sup>);

$N2b$  = média do número de golpes do SPT a partir da cota de apoio do bueiro (valores entre 5 e 15 NSPT)

$Cs$  =parametro em função da granulometria do solo.  $CS=3$  solos arenosos e  $CS=5$  solos argilosos

A tensão aplicada no solo de fundação das galerias considerada foi a especificada no album do DER PR para o respectivo bueiro.

A tabela a seguir apresenta a avaliação da capacidade de suporte do solo de fundação na seção dos 04 bueiros projetados.



Tabela 24. Avaliação da capacidade de suporte do solo de fundação dos bueiros projetados.

Bueiro	Estaca	Projeto do Bueiro	Solo de fundação	Cs	SPT	NSPT			N2b	** $\sigma_{adm}$	fs	$\sigma_{adm}$ > fs	Tratamento solo de fundação do bueiro	Taludes da escavação provisória	
						2	11	15							
BSCC 2,00 X 2,00	8758+6,96	Prolongamento do existente	argiloso	5	SP-217	impenetrável			5	0,10	0,09	sim	Não aplicável *	Não aplicável *	
BDCC 2,50 X 2,50	8825+12,84	Projetado abrindo pista e desvio	arenoso	3	SP-231	2	11	15	15	10,8	0,36	0,24	sim	Remover e substituir todo solo mole orgânico (NSPT=2) na região de implantação do bueiro	Taludes com inclinação 1V:2H com banquetas de 3,00 m de largura a 4,5 m de profundidade
BSCC 2,50 X 2,50	8868+12,41	Projetado abrindo pista e desvio	argiloso	5	SP-240	4	5	6	6	5,25	0,11	0,14	não	Recompactar 1,5 m de solo abaixo do bueiro	Taludes com inclinação 1V:1,2H
BSCC 2,50 X 2,50	8910+4,34	Projetado abrindo pista e desvio	argiloso	5	SP-248	2*	4	7	13	8	0,16	0,14	sim	Não aplicável	Taludes com inclinação 1V:1,2H
*NSPT desconsiderado para o cálculo da tensão admissível do terreno pois a camada de solo será removida para implantação do bueiro.															
** Após serviços de terraplenagem, executar sondagem na cota de implantação do bueiro para confirmação da tensão admissível do terreno.															
camada de solo orgânico a ser removido integralmente															
camada de solo a ser compactada															

O bueiro localizado na estaca 8825+12,84 está localizado numa região onde ocorre uma camada de cerca de 1,20 m de solo aluvionar argiloso mole orgânico preto (SP-231). Conforme previsto no projeto de terraplenagem (ver seção tipo de terraplenagem), todo o solo orgânico preto sob o bueiro deve ser removido e o bueiro deve ser implantado sobre solo residual silto arenoso cinza ou solo compactado com NSPT > 11 golpes.

O projeto de drenagem previu a troca do bueiro metálico da estaca 8825+12,84 por uma galeria. Para execução desta obra foi previsto a abertura da pista existente. A estabilidade dos taludes necessários para execução da obra (troca do bueiro existente) está associada a inclinação do corte.

Ressalta-se que para esta análise estimou-se que com o acréscimo de tensão dado pelo aterro existente a resistência não drenada da argila orgânica tenha um incremento de resistência conforme correlação proposta por Mesri (1975):

$$\Delta s_u = 0,22 \times \Delta \sigma' \times U$$

U = grau de adensamento;

$\Delta \sigma'$  = variação da tensão efetiva no centro da camada de solo mole

Seguindo esta abordagem sob um aterro com até 5 metros de altura a resistência não drenada final da argila orgânica, considerando um grau de adensamento de 80%, é na ordem de 30 kPa. Portanto, a argila orgânica adensada existente abaixo da pista existente foi modelada com resistência não drenada de 28 kPa.

Os parâmetros de resistência dos solos dos cortes provisórios são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 25. Parâmetros de resistência dos materiais adotados nas análises de estabilidade.

Cor	Nome	Modelo	Peso Específico (kN/m <sup>3</sup> )	Coesão' (kPa)	Phi' (°)	Phi-B (°)	Coesão (kPa)
■	ARGILA ORGÂNICA-ADENSADA	Não Drenado (Phi=0)	16				28
■	ATERRO EXISTENTE	Mohr-Coulomb	18	3	28	0	
■	ENSECADEIRA	Alta Resistência	18				
■	Solo residual silto arenoso cinza e amarelo medianamente compacto	Mohr-Coulomb	18	6	30	0	

As figuras a seguir apresentam o fator de segurança do corte provisório (no eixo da pista existente) necessário para execução da obra com inclinação 1V:1,5H e com inclinação 1V:2H.

Figura 44: Fator de segurança do corte provisório necessário para troca do bueiro da estaca 8825+12,84 e tratamento de solo de fundação do bueiro com inclinação 1V:1,5H.

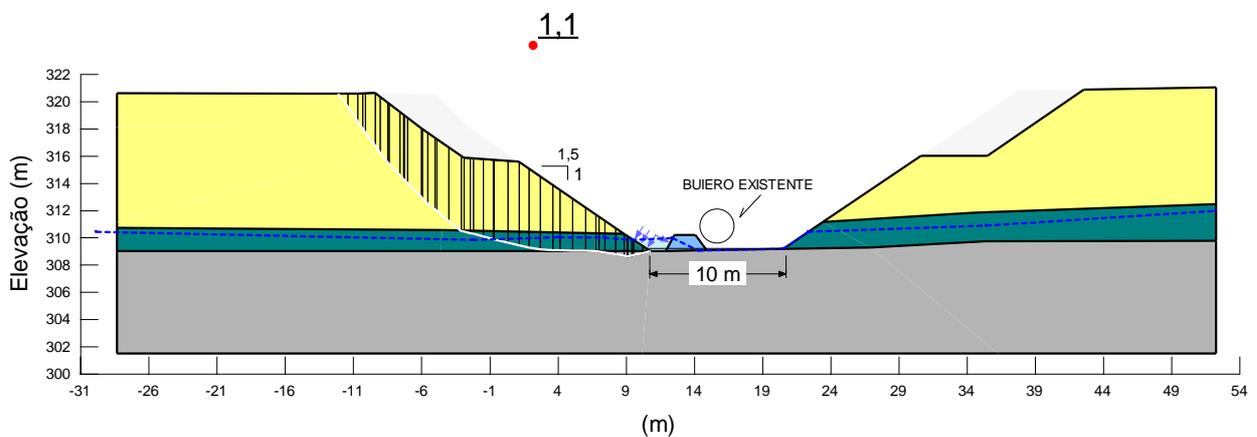
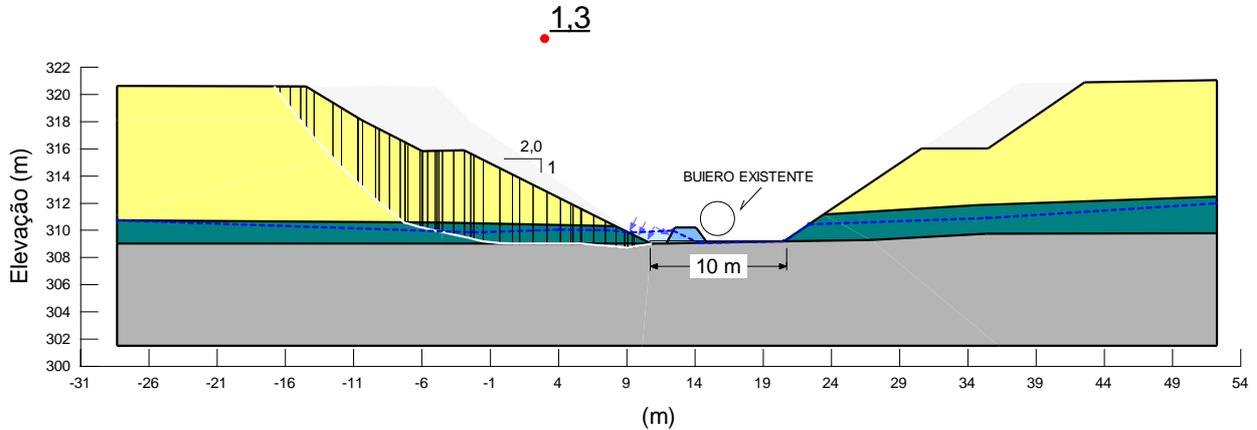


Figura 45: Fator de segurança do corte provisório necessário para troca do bueiro da estaca 8825+12,84 e tratamento de solo de fundação do bueiro com inclinação 1V:2H.



Também serão implantadas galerias nas estacas 8868+12,41 e 8910+4,34. As figuras a seguir apresentam os fatores de segurança dos cortes provisórios necessário para execução das obras com inclinação 1V:1H e 1V:1,2H.

Figura 46: Fator de segurança do corte provisório necessário para troca do bueiro da estaca 8869+12.41 e tratamento de solo de fundação do bueiro com inclinação 1V:1H.

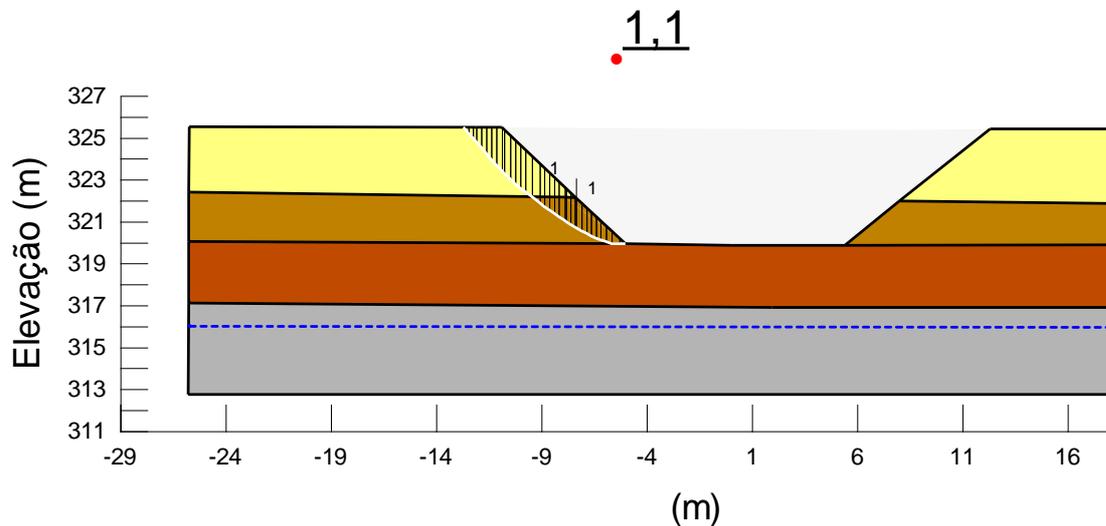


Figura 47: Fator de segurança do corte provisório necessário para troca do bueiro da estaca 8869+12.41 e tratamento de solo de fundação do bueiro com inclinação 1V:1,2H.

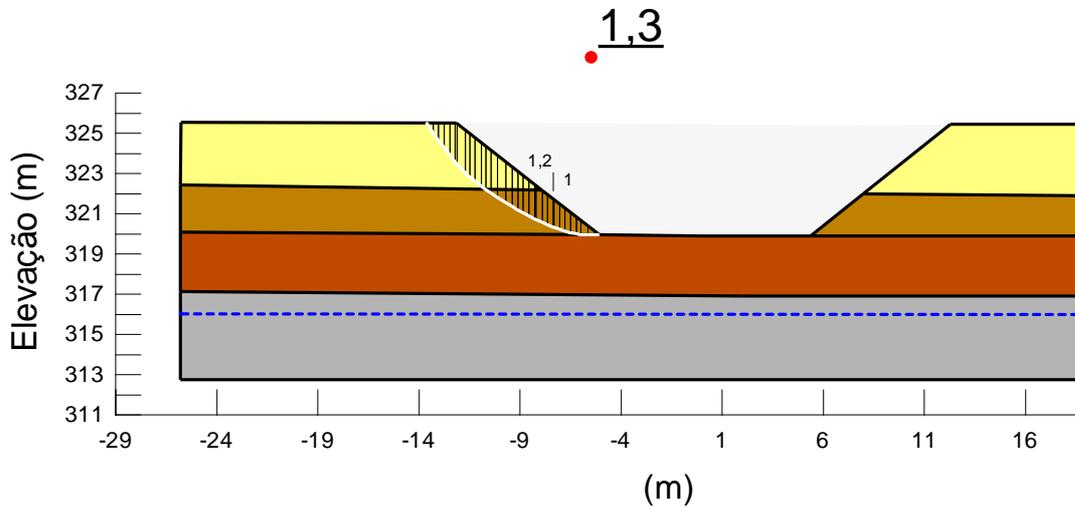


Tabela 26. Parâmetros de resistência dos materiais adotados nas análises de estabilidade da 8869+12.41

		(kN/m <sup>3</sup> )	(kPa)	(°)	(°)	
	ATERRO EXISTENTE	18	3	28	0	1
	Solo residual silto arenoso cinza e amarelo medianamente compacto	18	6	30	0	1
	Solo residual argilo siltooso com areia médio marrom	17	8	28	0	1
	Solo residual argilo siltooso mole marrom	17	6	28	0	1

Figura 48: Fator de segurança do corte provisório necessário para troca do bueiro da estaca 8910+4,34 e tratamento de solo de fundação do bueiro com inclinação 1V:1H.

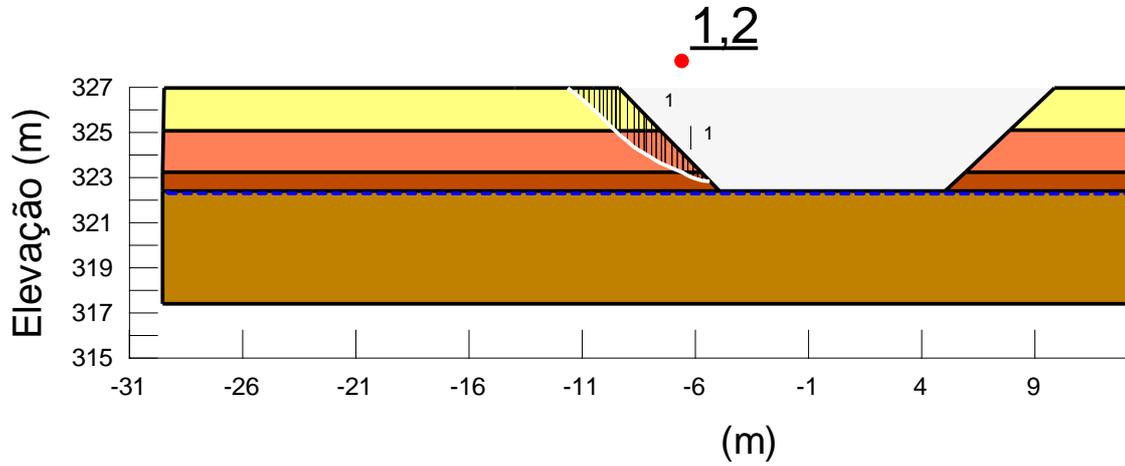


Figura 49: Fator de segurança do corte provisório necessário para troca do bueiro da estaca 8910+4,34 e tratamento de solo de fundação do bueiro com inclinação 1V:1,2H.

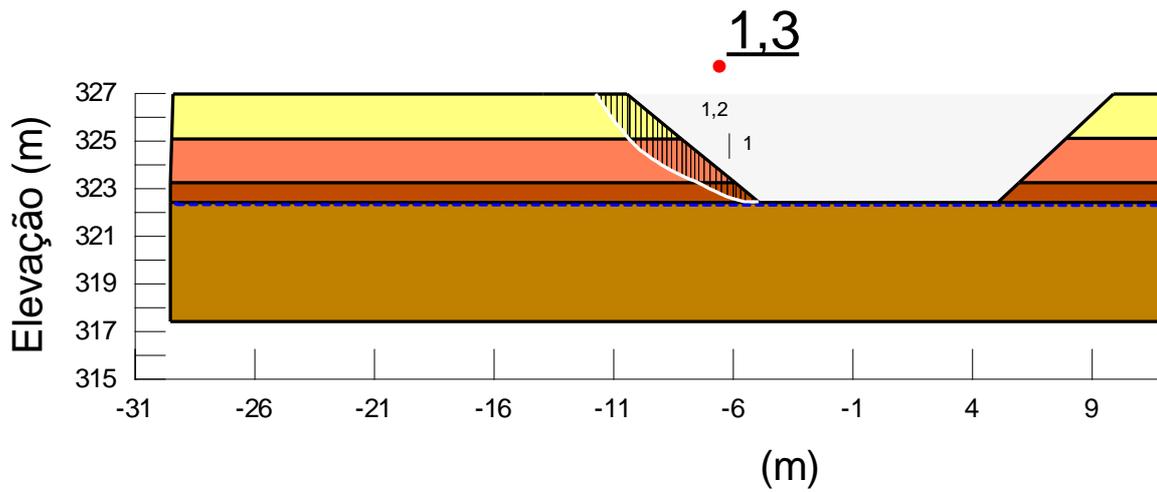


Tabela 27. Parâmetros de resistência dos materiais adotados nas análises de estabilidade da 8910+4,34

		(kN/m <sup>3</sup> )	(kPa)	(°)	(°)	
	ATERRO EXISTENTE	18	3	28	0	1
	Solo residual argilo siltoso com areia médio marrom	17	8	28	0	1
	Solo residual argiloso mole marrom	17	3	26	0	1
	Solo residual argiloso rijo marrom	17	15	28	0	1

Os cortes provisórios devem apresentar fator de segurança mínimo de 1,3 portanto, a fim de garantir a estabilidade dos taludes, os cortes provisórios para implantação do bueiro da estaca 8825+12,84 devem ter inclinação máxima de 1V:2H com banquetas de 3,00 m de largura a 4,5 m de profundidade e o da estaca 8868+12,41 e 8910+4,34 inclinação 1V:1,2H (sem banquetas). A seção tipo dos cortes provisórios são apresentados no projeto de terraplenagem.

#### 4.11.1.5 Referências bibliográficas

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11682:2009 – Estabilidade de encostas, 2009.

TEIXEIRA, A. T.; GODOY, N. S. Análise, Projeto e Execução de Fundações Rasas. Fundação: Teoria e Prática. São Paulo, SP, PINI, 1996.

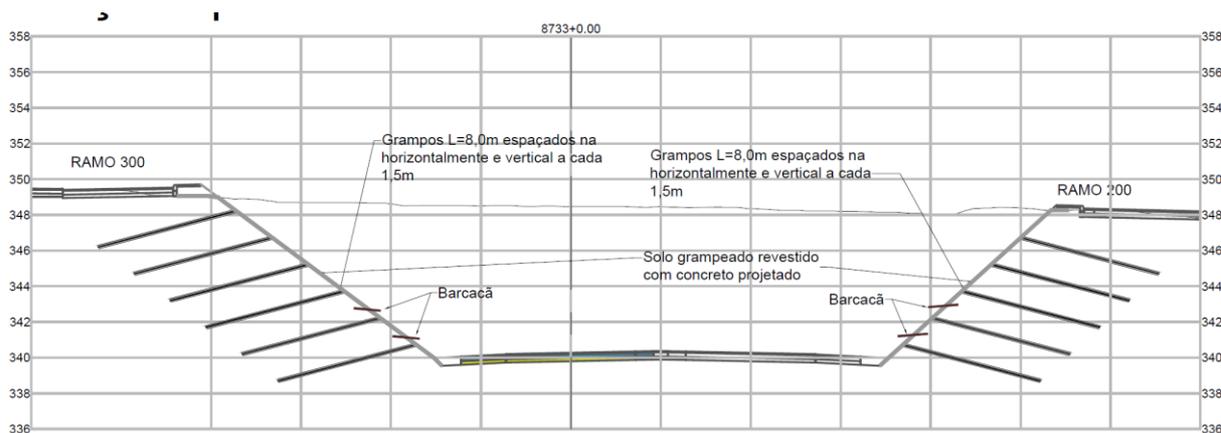
#### 4.11.2 Projeto de Contenções

##### 4.11.2.1 Solo grampeado – Estaca 8728+10 à 8737+10

Foi projetada uma contenção em solo grampeado da estaca 8728+10 à estaca 8736+10 (lado esquerdo) e da estaca 8728+10 à estaca 8737+10 (lado direito) para garantir o fator de segurança mínimo de 1,4 para os cortes.

A figura a seguir apresenta a seção tipo da solução em solo grampeado com revestimento em concreto projetado.

Figura 50: Seção tipo da solução em solo grampeado com face em concreto projetado - figura sem escala.



Os grampos projetados são de aço CA50,  $\varnothing 25$  mm com 8,00 metros de comprimento (em solo) e deverão ser instalados a 15 graus com a horizontal a cada 1,50 m na vertical e a cada 1,5 m na horizontal.

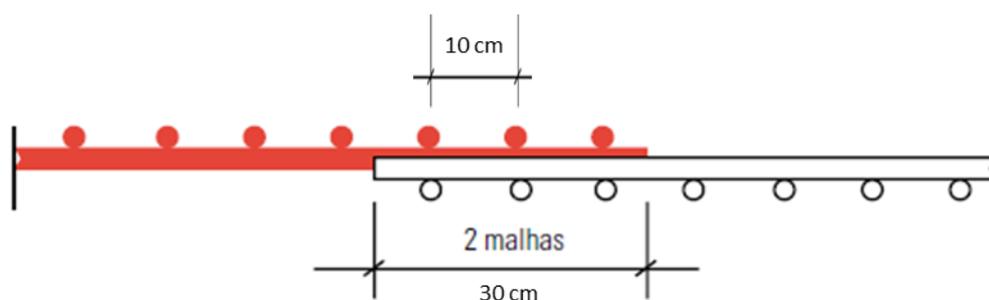
Os grampos devem ser instalados em perfurações com 73mm de diâmetro, preenchidas com calda de cimento com fator de água cimento de 0,5, injetada por gravidade do fundo para a boca.

Deve-se executar duas fases de re-injeção além da bainha para tanto, adjacente à barra, deve-se prever a instalação de dois tubos adicionais de re-injeção perdidos, de polietileno, com diâmetro de 20 mm, providos de válvulas manchete a cada 0,8 m aproximadamente.

Após a instalação dos grampos deverá ser instalada uma tela tipo TELCON Q-138, ou similar, e em seguida projetado o concreto em camadas de no máximo 2 cm com espessura mínima final de 10cm e possuir resistência mínima a compressão de 25 MPa. O concreto projetado deve ter controle de qualidade baseada NORMA DNIT 087/2006 – ES - Execução e acabamento do concreto projetado e NBR 14026: Concreto projetado – Especificação.

Deve ser adotado transpasse mínimo de 2 malhas (30 cm) da tela metálica tipo TELCON Q-138 conforme o esquema abaixo.

Figura 51: Esquemas do transpasse mínimo de 2 malhas (30 cm) de tela metálica tipo TELCON Q-138.



Como medida contra a corrosão dos grampos deve ser realizada pintura de 2 demãos do tipo epóxi em todo o grampo ou outra medida contra corrosão aprovada pela fiscalização.

Os ensaios de arrancamento são realizados com a finalidade de verificar a relação tensão deformação dos grampos utilizados no sistema de contenção. Para isso são usados grampos protótipos, sem função estrutural, que devem ser instalados entre os grampos de serviço e ao longo da obra. Estes grampos protótipos obedecem aos mesmos critérios de execução dos demais grampos executados na obra quanto à perfuração e injeção, mas a barra de aço empregada deve ser superdimensionada (adotar barras de 32 mm) para que o ensaio atinja preferencialmente a ruptura no contato calda-solo.

Todas as fases da obra deverão ser obrigatoriamente fiscalizadas durante toda a sua execução, e liberadas por engenheiro especializado em geotecnia, o qual fará as orientações executivas e adequações necessárias, em função das reais características dos solos e dos condicionantes geotécnicos encontrados no local.

#### 4.11.2.1.1 Memória de cálculo do dimensionamento da contenção em solo grampeado

As análises de estabilidade dimensionamento da contenção foram realizados tomando como base com as recomendações da Norma Brasileira de Estabilidade de Encostas, NBR 11682/2009, que recomenda fator de segurança (FS) mínimo de 1,5 para obras de contenção em solo.

De acordo com a NBR 11682/2009, foi considerado uma sobrecarga acidental de 20kPa uniformemente distribuída. Este carregamento foi aplicado em todo trecho onde pode ocorrer trânsito de veículos e/ou existência de cargas adicionais (ex: edificações) nas situações consideradas desfavoráveis, pois onde a influência dessa sobrecarga passa a ser positiva, não foram utilizadas tais sobrecargas.

#### 4.11.2.1.2 Parâmetros geotécnicos

O projeto de contenção se desenvolve integralmente sobre solos proveniente da Formação Serra Geral, pertencente ao Grupo São Bento.

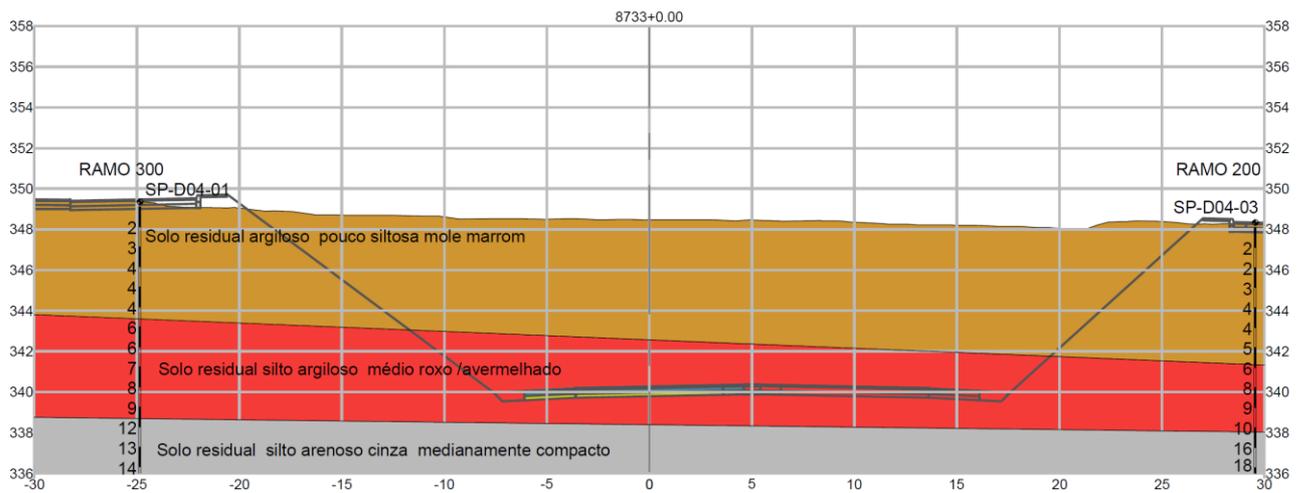
Com base nos resultados das sondagens SPT, informações obtidas em inspeções de campo definiram-se os valores dos parâmetros de resistência a serem utilizados na presente análise de estabilidade conforme apresentado na tabela a seguir.

Tabela 4. Parâmetros de resistência dos materiais adotados nas análises de estabilidade.

Cor	Nome	Peso Específico (kN/m <sup>3</sup> )	Coesão' (kPa)	Phi' (°)
	Solo residual silto arenoso cinza medianamente compacto	18	6	30
	Solo residual argiloso pouco siltosa mole marrom	17	6	25
	Solo residual silto argiloso médio roxo /avermelhado	17	8	28

A figura a seguir apresenta o perfil geológico geotécnico típico verificado na região na seção do projeto de contenção.

Figura 52: Perfil geológico-geotécnico típico – ESTACA 8733.



#### 4.11.2.1.3 Análise de estabilidade e dimensionamento dos grampos

As análises de estabilidade foram realizadas com o auxílio do software GeoSlope - Slope/W, cujo fator de segurança foi determinado pelo método do equilíbrio limite de momentos e forças de Morgenstern-Price.

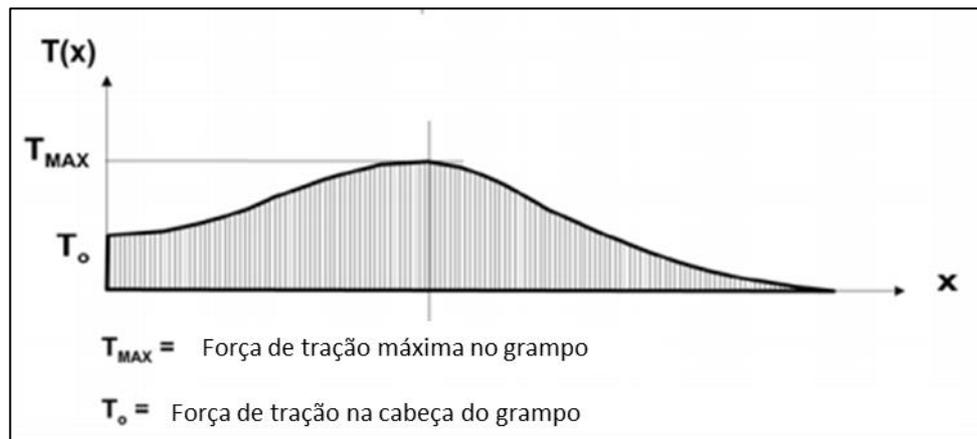
O mesmo programa foi adotado para o dimensionamento da estrutura baseada em solo grampeado.

Na análise de estabilidade analisou-se a probabilidade de ocorrência de ruptura da fundação e ruptura que envolvesse toda a massa de solo reforçado além da ruptura dos grampos ou por falta de aderência entre o solo e a calda de cimento.

A verificação da estabilidade interna foi baseada em métodos de equilíbrio limite onde o solo atrás da face é subdividido em duas regiões, uma ativa e outra passiva, limitadas por uma superfície potencial de ruptura. A inserção dos grampos na zona passiva deve garantir um comprimento suficiente para suportar os esforços de arrancamento dos grampos provenientes da zona ativa.

A forma da distribuição das tensões ao longo do grampo que podem causar a ruptura dos grampos pode ser simplificada conforme a proposta da FHWA (Lazarte et al., 2015):

Figura 53: Distribuição simplificada da distribuição das tensões ao longo do grampo (Modificado de Lazarte et al., 2015).



onde a força de tração ( $T_{m\acute{a}x}$ ) é dado por:

$$T_{m\acute{a}x} = 0,75 \cdot K_A \cdot \gamma \cdot H \cdot S_h \cdot S_v$$

Onde:

$\gamma$  = específico do solo  $kN/m^3$ ;

$S_h$  = espaçamento horizontal entre grampos (m);

$S_v$  = espaçamento vertical entre grampos (m);

$K_a$  = coeficiente de empuxo ativo;

$H$  = altura do talude (m).

Para cálculo da força de tração na cabeça do grampo ( $T_o$ ), o manual técnico da FHWA (Lazarte et al., 2015) recomenda:

$$T_o = T_{m\acute{a}x} \times [0,6 + 0,2 (s_{m\acute{a}x} - 1)]$$

Onde:

$S_{\text{máx}}$  = máximo espaçamento entre grampos (maior valor entre  $s_v$  e  $s_h$ , em metros).

O FHWA (Lazarte et al., 2015) ainda cita que  $T_o$  varia entre 0,5 e 0,6 da  $T_{\text{máx}}$ .

Na contenção projetada para:

$$\gamma = 17 \text{ kN/m}^3;$$

$$S_h = 1,5 \text{ (m)};$$

$$S_v = 1,5 \text{ (m)};$$

$$K_a = 0,4;$$

$$H = 9,75 \text{ (m)}.$$

A tensão máxima no grampo ( $T_{\text{máx}}$ ) é de 113,5 kN e  $T_o = 0,6 \times T_{\text{máx}}$ , ou seja, 68 kN.

A resistência ao cisalhamento no contato solo-grampo ( $q_s$ ) (adesão solo/bainha) adotada no projeto foi baseada na sua correlação com o NSPT proposta de Ortigão e Palmeira (1997).

Ortigão e Palmeira (1997)	$q_s = 67 + 60 \cdot \ln(N_{spt})$
---------------------------	------------------------------------

A tabela a seguir apresenta os resultados de  $q_s$  para cada metro de sondagem e o valor alcançado considerando fator de segurança de 1,5.

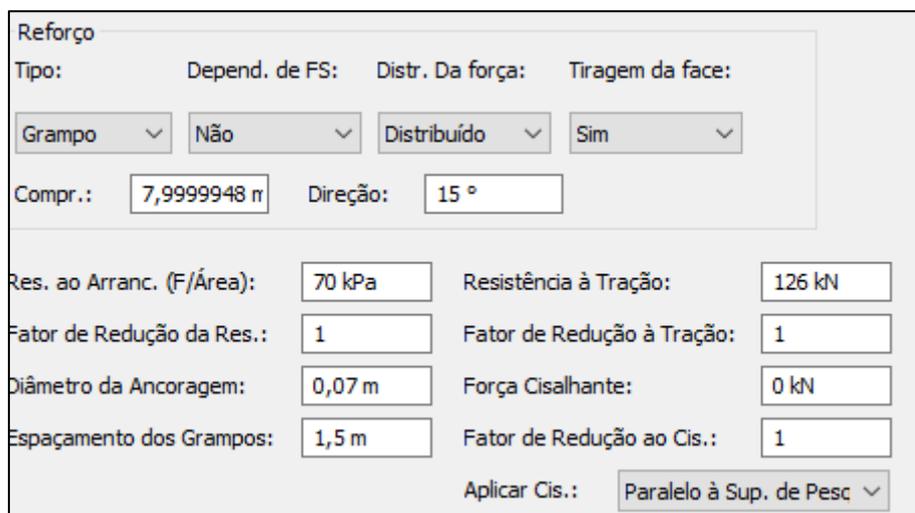
Tabela 28: Memória de cálculo da resistência ao cisalhamento no contato solo-grampo (gs) com base no SP-D04-02

SP-D04-02		
	Ortigão e Palmeira (1997)	Ortigão e Palmeira (1997) + FS=1,5
2,00	109	72
2,00	109	72
3,00	133	89
4,00	150	100
3,00	133	89
4,00	150	100
4,00	150	100

Baseado nos cálculos supracitados a adesão solo/bainha (qs) considerada em projeto foi de 70 kPa, mas, conforme especificado no projeto executivo para comprovação do qs devem ser realizados ensaios de arrancamento em campo. O ensaio deve ser levado até a ruptura por meio de pequenos incrementos de carga de 5kN ou até no máximo 300 kN (res. da barra de 32 mm a ser adotada nos ensaios).

A figura a seguir apresenta os dados de entrada no software GeoSlope - Slope/W para todos os grampos.

Figura 54: Dados de entrada no software GeoSlope – Slope/W para os grampos.



The screenshot shows the 'Reforço' (Reinforcement) settings in GeoSlope - Slope/W. The parameters are as follows:

- Tipo:** Grampo (dropdown)
- Depend. de FS:** Não (dropdown)
- Distr. Da força:** Distribuído (dropdown)
- Tiragem da face:** Sim (dropdown)
- Compr.:** 7,9999948 m (text input)
- Direção:** 15 ° (text input)
- Res. ao Arranc. (F/Área):** 70 kPa (text input)
- Resistência à Tração:** 126 kN (text input)
- Fator de Redução da Res.:** 1 (text input)
- Fator de Redução à Tração:** 1 (text input)
- Diâmetro da Ancoragem:** 0,07 m (text input)
- Força Cisalhante:** 0 kN (text input)
- Espaçamento dos Grampos:** 1,5 m (text input)
- Fator de Redução ao Cis.:** 1 (text input)
- Aplicar Cis.:** Paralelo à Sup. de Pesc (dropdown)

As figuras a seguir apresentam os resultados gráficos das análises de estabilidade realizadas.

Figura 55: Fator de segurança do corte projetado na estaca 8733 (lado esquerdo) sem contenção.

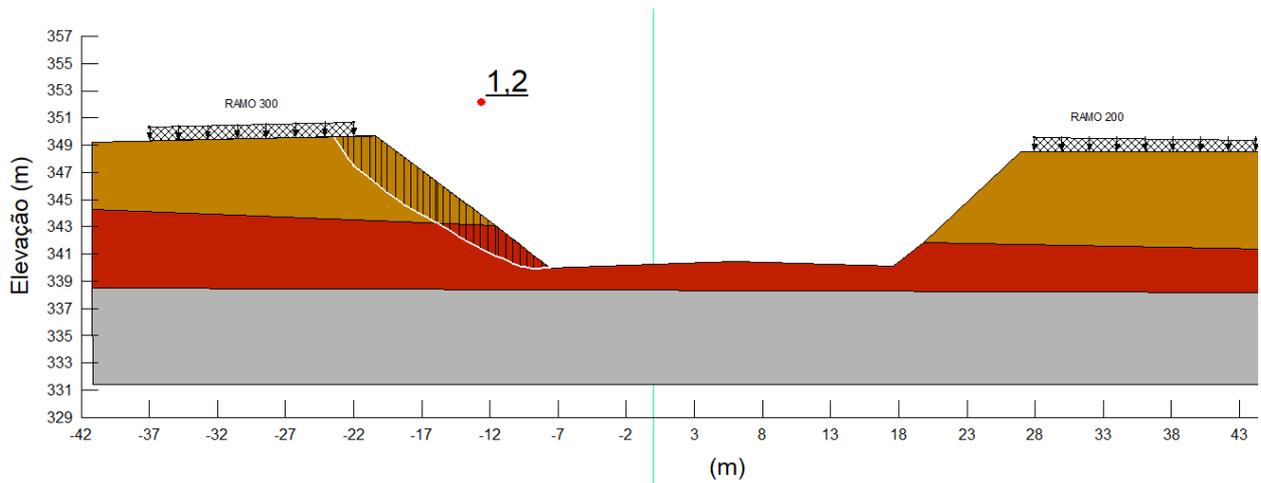


Figura 56: Fator de segurança do corte projetado na estaca 8733 (lado direito) sem contenção.

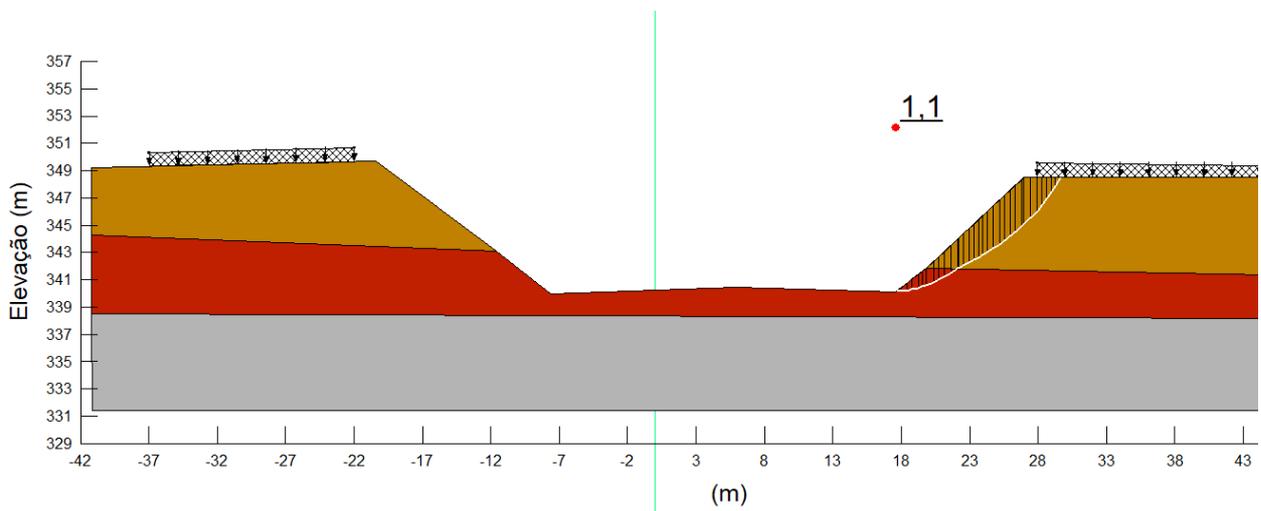


Figura 57: Fator de segurança do corte projetado na estaca 8733 (lado esquerdo) com contenção.

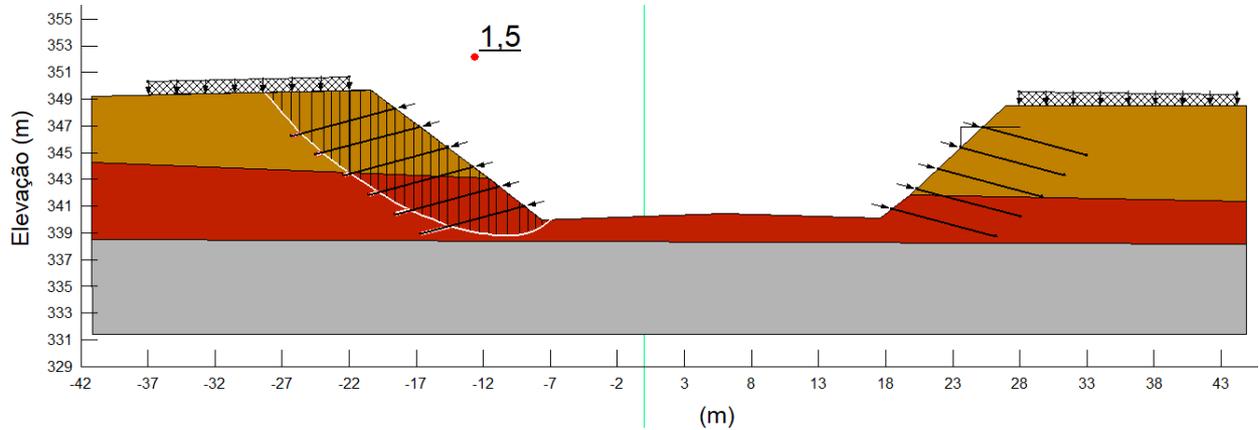
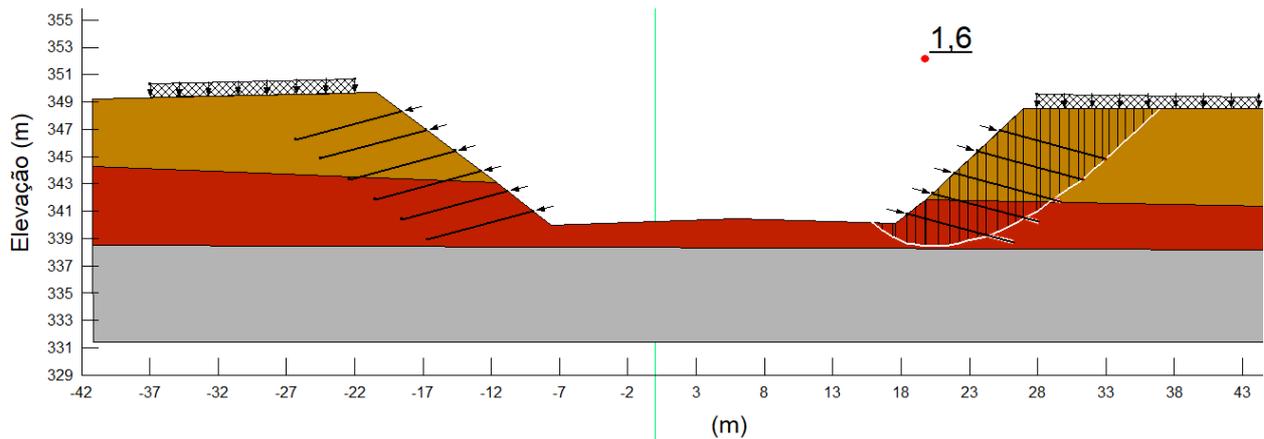
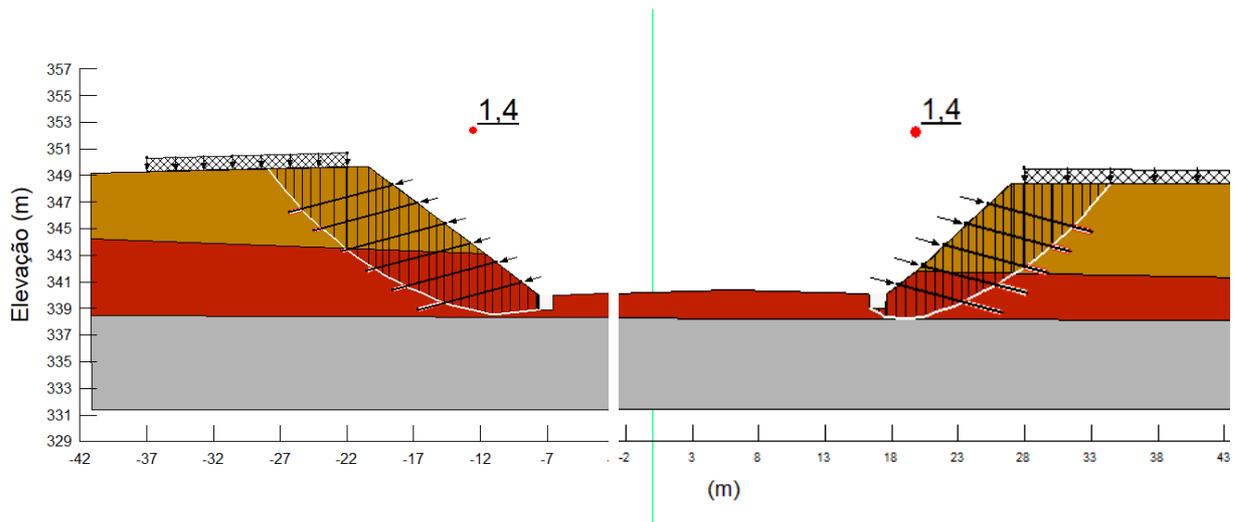


Figura 58: Fator de segurança do corte projetado na estaca 8733 (lado direito) com contenção.



No pé da contenção serão implantadas canaletas de drenagem superficial com até 0,90 m de altura interna. Para tanto, serão necessárias escavações no pé da corte. A figura a seguir apresenta o fator de segurança do talude considerando a implantação da contenção antes da escavação da canaleta.

Figura 59: Fator de segurança do corte projetado na estaca 8733 (lado direito e esquerdo) com contenção e com o corte necessário para implantação da canaleta de drenagem



A contenção em solo grampeado projetada apresentou fator de segurança superior a 1,4, ou seja, adequado a NBR11692/2009: Estabilidade de Taludes para todos os mecanismos de instabilização, portanto considerado adequado.

O fator de segurança do talude, já grampeado, com a escavação provisória de 1,00 m de profundidade, necessária para implantação da canaleta de drenagem é de 1,4 e atende ao mínimo necessário para uma obra provisória que é de 1,3.

#### 4.11.2.2 Aterro Armado – Estaca 8818+15 à estaca 8832

Foi projetada uma contenção em aterro armado da estaca 8818+15 à estaca 8832 para conter o desnível entre a pista projetada e a existente.

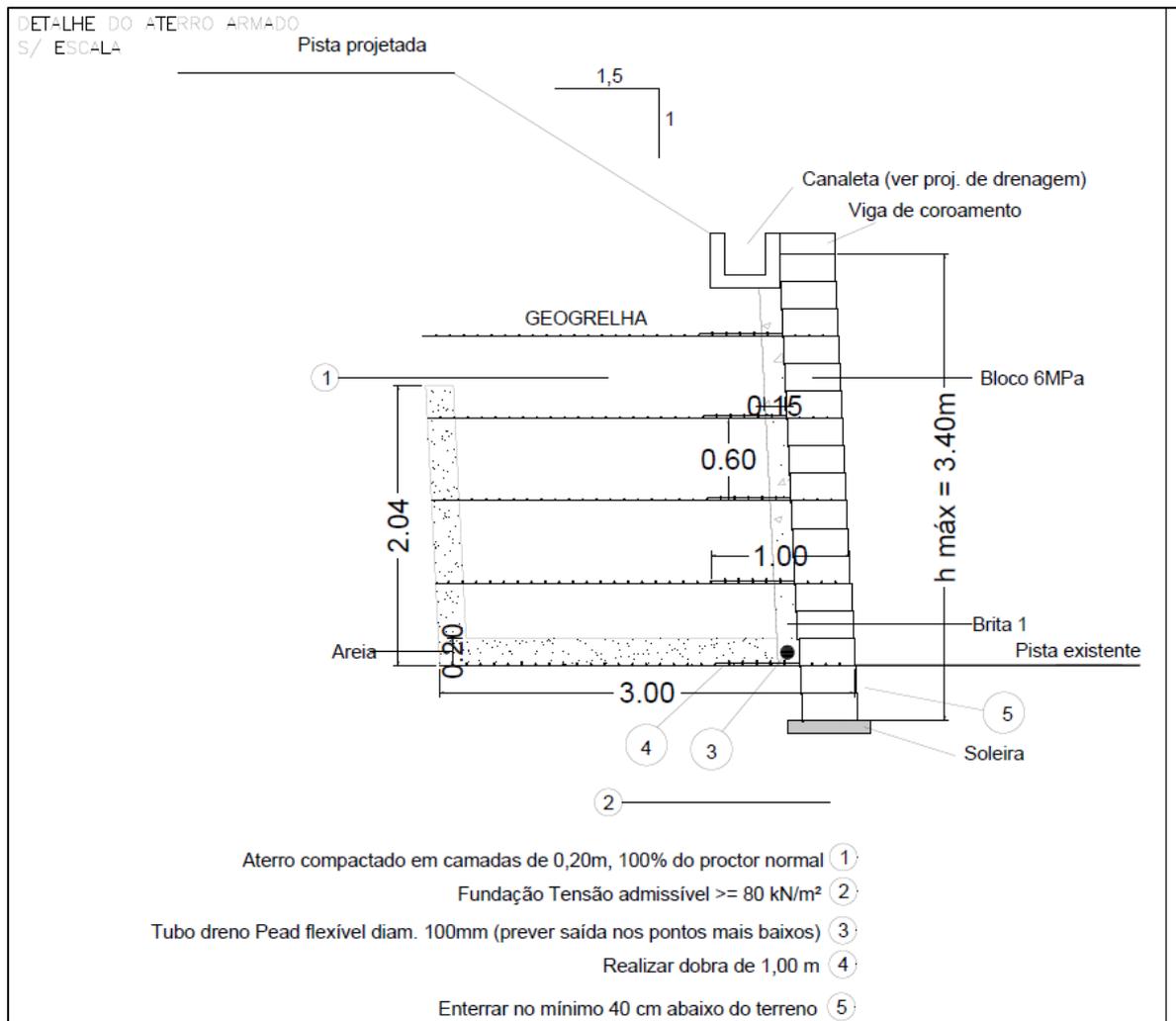
A solução de contenção projetada foi baseada na construção de um aterro reforçado com geogrelhas e com face em blocos de concreto.

Ressalta-se que a face do aterro armado pode ser substituída por outras similares disponíveis no mercado.

A execução das obras de contenção deve, necessariamente, ser acompanhada e monitorada por técnico responsável pelo sistema adotado. Todos os controles tecnológicos sugeridos pelo fornecedor devem ser executados e apresentados à fiscalização.

A figura a seguir apresenta a seção tipo da solução em aterro armado projetada.

Figura 60: Seção tipo da solução em aterro armado.



A geogrelha deve possuir resistência mínima a tração de  $80 \text{ kN/m}^2$  na longitudinal e  $30 \text{ kN/m}^2$  na transversal do rolo da geogrelha, e devem ser instaladas a cada 60 cm de altura.

O aterro armado só deve ser executado após estabilização dos recalques comprovado por meio de monitoramento de marcos superficiais (ver seção tipo de terraplenagem). A avaliação do desempenho e evolução dos recalques e liberação do aterro e construção da contenção deve ser por parte da Fiscalização.

O aterro armado não deve sofrer deformações que prejudiquem o seu desempenho. Caso seja evidenciado deformações no aterro armado a projetista deve ser contatada imediatamente.

A compactação do solo do aterro reforçado com geogrelhas deverá ser efetuada em camadas de no máximo 20cm de espessura com compactação de 100% do Proctor Normal realizado por equipamento de compactação mecânico. Deverá ser executado drenagem interna dos muros composta por dreno perfurado na base e camada drenante de areia com 20cm de espessura. Na face externa do muro (entre os blocos e o aterro) deverá ser executada uma camada de brita com 15cm de espessura.

A drenagem superficial do muro deve ser executada conforme previsto no projeto de drenagem.

A soleira deverá ser de concreto não armado com uma resistência a compressão de no mínimo 25MPa.

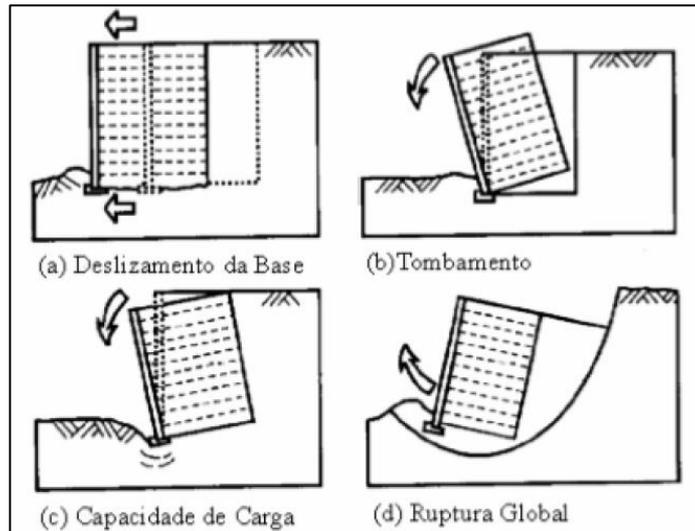
#### **4.11.2.2.1 Memória de cálculo do dimensionamento da contenção em aterro armado**

O dimensionamento de estruturas baseadas em aterro armado é dividido em duas etapas: análise da estabilidade externa e interna da estrutura.

- Verificação da estabilidade externa

Na análise de estabilidade externa de estrutura de contenção baseada em aterro armado verificou-se a possibilidade de ocorrência além da estabilidade global de outros três mecanismos clássicos de instabilização tais como: deslizamento pela base, tombamento e ruptura de fundação.

Figura 61: Mecanismos clássicos de instabilização em muros de contenção.



As análises de estabilidade global, foram realizadas com o auxílio do software GeoSlope - Slope/W, verificando-se o equilíbrio limite pelo método de Bishop e Spencer.

A verificação da estabilidade quanto o tombamento e deslizamento do aterro armado foi realizada com auxílio do software Forterrae que adota o método de Coulomb para os cálculos. Para tal, o programa considera que o aterro armado é um corpo rígido e o cálculo do empuxo é feito através de processo gráfico para diferentes valores do ângulo da superfície de ruptura, definida pelo ângulo teta. O programa traça um gráfico de empuxo versus teta e seleciona o valor crítico do empuxo. Com este valor são feitas verificações ao tombamento e ao deslizamento, bem como são calculadas as tensões aplicadas pela base do aterro armado no terreno que subsidiam a análise de ruptura de fundação.

- Estabilidade interna

A verificação da estabilidade interna dos reforços do aterro armado foi realizada com auxílio do software Forterrae que adota o método proposto por Ehrlich e Mitchel (1995). Este método calcula a carga individual em cada camada de reforço a partir do espaçamento entre geogrelhas, das propriedades de resistência e rigidez do reforço e

da geogrelha e da energia de compactação induzida pelo equipamento de compactação.

#### **4.11.2.2.2 Resultados**

- Deslizamento pela base e tombamento

O fator de segurança para o deslizamento pela base e tombamento e tensão aplicada na fundação pelo aterro armado foram realizadas com auxílio do software Forterra.

## Dimensionamento Externo

### Dados do Muro

Bloco (s) Bloco Terraê W

$\beta = 85^\circ$   
 $Hl = 2.6 \text{ m}$   
 $He = 0.4 \text{ m}$   
 $H = 3 \text{ m}$   
 $B = 3 \text{ m}$   
 Solo = Argila Siltosa  
 $\gamma_{nat} = 16 \text{ kN/m}^3$

### Dados do Terreno

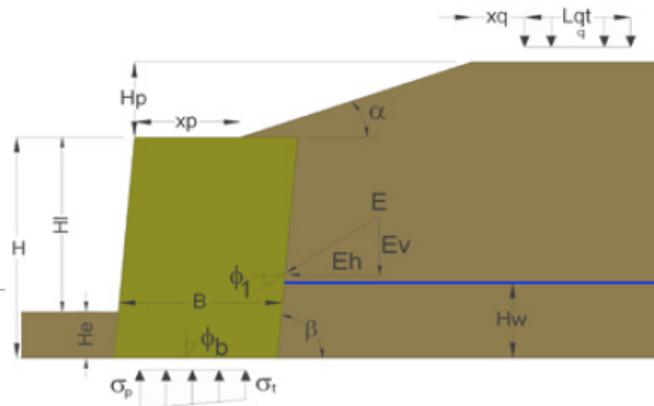
$x_p = 0 \text{ m}$   
 $H_p = 1.65 \text{ m}$   
 $\alpha = 34^\circ$   
 $H_w = 0 \text{ m}$

### Dados da Sobrecarga

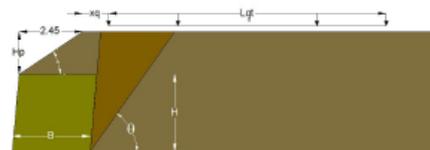
$q = 20 \text{ kN/m}^2$   
 $x_q = 1 \text{ m}$   
 $L_{qt} = 10.7 \text{ m}$

### Dados do Solo

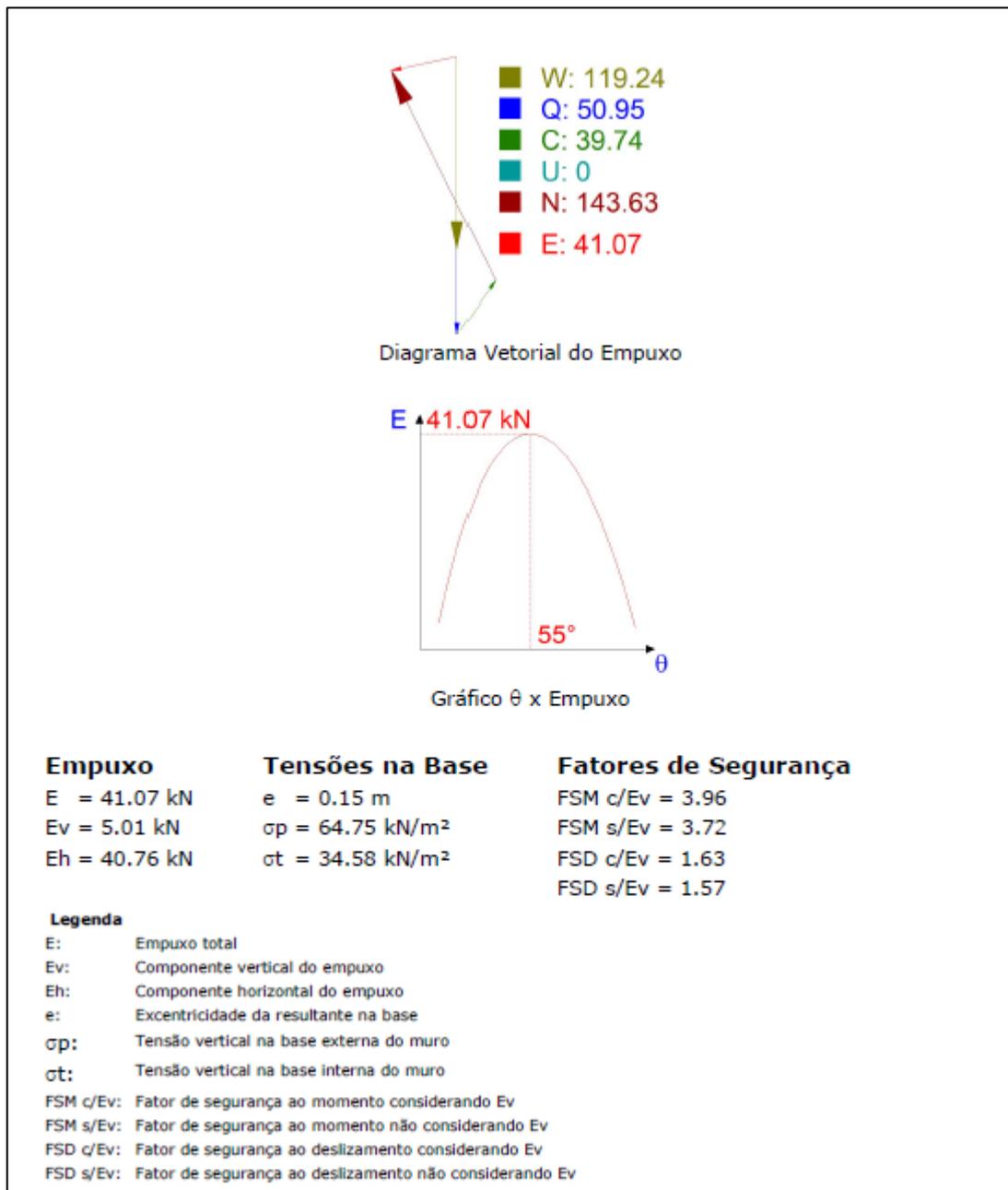
$c = 7 \text{ kPa}$   
 $\gamma_{nat} = 18 \text{ kN/m}^3$   
 $\gamma_{sub} = 6 \text{ kN/m}^3$   
 $\phi = 29^\circ$   
 $\phi_1 = 12^\circ$   
 $\phi_b = 24^\circ$



**Muro Esquemático**



**Muro Real**



- Estabilidade da fundação

A tensão de ruptura do solo ou capacidade de carga do solo é a tensão tal que aplicada ao solo causa a sua ruptura. Adotando um adequado coeficiente de segurança, da ordem de 3, obtém-se a tensão admissível, a qual deverá ser admissível à ruptura e às deformações excessivas do solo.

A capacidade de carga da fundação (tensão de ruptura do solo), assim como a tensão admissível do mesmo, foram verificadas pelo método de Meyerhof dada pela equação a seguir:

$$\sigma_r = cN_c + qN_q + 1/2 \gamma B N_\gamma$$

$$\sigma_{adm} = \sigma_r / 3$$

Onde:

C= coesão do solo de fundação

q=sobrecarga na fundação (engastamento)

Y= peso específico do solo

H=altura do aterro armado

B=largura da base do aterro armado

Dados da fundação					
L (largura do aterro reforçado)	3,00	m			
c	3,00	kPa			
ang. De atrito	28,00	graus			
ang. De atrito	0,49	RADIANOS			
peso esp	17,00	kN/m <sup>3</sup>			
qf (Sobrecarga na fundação)	0,00	kN/m			
Estabilidade da fundação					
MÉTODO MEIHOFF					
NC	25,00				
NQ	14,00				
N $\gamma$	14,00				
$\sigma_r$ (capacidade de carga do solo de fundação)	432,00	kPa	$\sigma_r = c' N_c + q_s N_q + 0,5 \gamma_f L_r N_\gamma$		
$\sigma_{adm}$ (tensão admissível do terreno)	144,00	kPa	$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_r}{3}$		

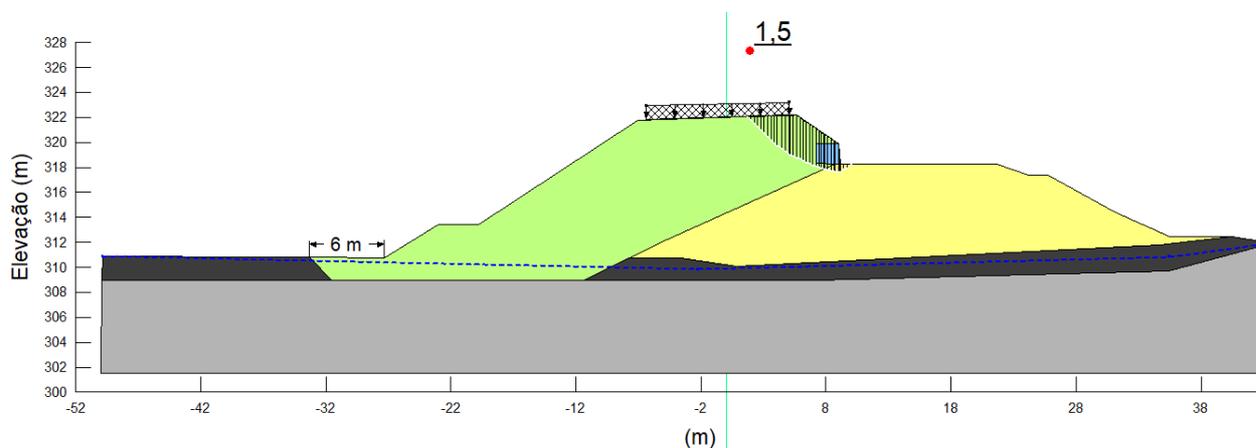
A tensão máxima ( $\sigma_{\text{máx}}$ ) aplicada pelo aterro armado é de 64,00 kPa e o solo de fundação apresenta tensão admissível de 144 kPa, ou seja,  $\sigma_{adm}$  é maior que  $\sigma_{\text{máx}}$  aplicada na base da contenção.

A tensão admissível do solo de fundação do aterro deve ser comprovada em campo e deve ser de, no mínimo, 80 kPa.

- Análise de estabilidade global

Foi analisado quanto a estabilidade global a seção onde o aterro armado é mais alto (Estaca 8826+5). Os parâmetros de resistência dos materiais podem ser verificado na Tabela 23 deste relatório.

Figura 62: Fator de segurança para o aterro projetado SEM tratamento de solo de fundação - ESTACA 8826+5.



- Estabilidade interna

O fator de segurança para o arrancamento e ruptura do reforço foram realizadas com auxílio do software Forterra e foram superiores a 1,5. A memória de cálculo do fator de segurança para cada geogrelha pode ser verificado a seguir.

### Resultados do Dimensionamento Interno

Método de Cálculo: (Ehrlich, 1999)

**Dados do Solo do Muro:** Argila Siltosa

B = 3 m

H = 3 m

B/H = 1 m

c = 0 kPa

K = 200 kN/m<sup>2</sup>

n = 0.6

$\gamma_{nat} = 16 \text{ kN/m}^3$

Ku = 400 kN/m<sup>2</sup>

Rf = 0.8

$\phi = 24^\circ$

**Dados do Compactador:** Soquete(sapo)

$Q_e = 0.7 \text{ kN}$

$Q_d = 6 \text{ kN}$

$A = 0.1 \text{ m}^2$

**Fatores de Redução:** %=textofr

Vida útil da obra:	60 anos	FRfi	= 1.56
Solo do maciço:	Silte/Argila	FRamb	= 1.03
Ph do solo:	04<=Ph<09		

**Fatores de Segurança**

Fator de Segurança Interno Mínimo = 1.1  
 Fator de Segurança Interno Global = 4.26  
 Máxima Deformação Total Admissível = 10 %  
 Deformação Total de Trabalho Média = 1.88 %

**Deslocamentos Horizontais Médios:**

DTtc = 0.028 m		DTtc/H = 0.92 %	
DTto = 0.024 m	Incremento = 0 m	DTto/H = 0.798 %	Incremento = 0 %
DTlp = 0.032 m	Incremento = 0.008 m	DTlp/H = 1.077 %	Incremento = 0.279 %

**Deslocamentos Horizontais Máximos:**

DTtc = 0.032 m		DTtc/H = 1.051 %	
DTto = 0.033 m	Incremento = 0.001 m	DTto/H = 1.108 %	Incremento = 0.057 %
DTlp = 0.045 m	Incremento = 0.012 m	DTlp/H = 1.495 %	Incremento = 0.387 %

**Quantitativo de Geogrelhas:**

Geogrelha	Quantidade	FRG	FRdi
Fortrac 80/30-20	5	1,68	1,04

Altura (m)	Geogrelha	Dobra (s/n)	Sv (m)	T (kN)	FS	FS Con	DEc (%)	DEto (%)	DElp (%)	$\sigma$ ZCI (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma$ Z (kN/m <sup>2</sup> )	Kr
0.4	Fortrac 80/30-20	s	0.6	15.55	3.07	1.91	2.1	2.22	2.99	52.16	66.98	0.39
1	Fortrac 80/30-20	s	0.6	12.52	3.81	2.12	2.11	1.78	2.41	52.16	53.66	0.39
1.6	Fortrac 80/30-20	s	0.6	12.04	3.96	1.94	2.11	1.72	1.72	52.16	41.99	0.48
2.2	Fortrac 80/30-20	s	0.6	11.9	4.01	1.7	2.11	1.69	1.69	52.16	31.42	0.63
2.8	Fortrac 80/30-20	s	0.2	3.99	11.98	4.28	0.76	0.57	0.57	52.16	21.52	0.93

**Legenda:**

Altura: Posição da geogrelha a partir da base do muro

Geogrelha: Geogrelha utilizada

Dobra: Presença ou não de dobra na camada de geogrelha

Sv: Espaçamento entre geogrelhas

T: Solicitação de tração no reforço

FS: Fator de segurança à ruptura do reforço

FS Con: Fator de segurança à ruptura da conexão

DEc: Deformação específica máxima na compactação

DEto: Deformação específica máxima acumulada no final da construção

DElp: Deformação específica máxima acumulada a longo prazo

DTtc: Deslocamento horizontal da face na compactação

DTto: Deslocamento horizontal acumulado da face no final da construção

DTlp: Deslocamento horizontal acumulado da face a longo prazo

DTtc/H: Deslocamento horizontal da face na compactação percentualmente à altura total do muro

DTto/H: Deslocamento horizontal acumulado da face no final da construção percentualmente à altura total do muro

DTlp/H: Deslocamento horizontal acumulado da face a longo prazo percentualmente à altura total do muro

$\sigma$  ZCI: Tensão vertical máxima equivalente decorrente da compactação

$\sigma$  Z: Tensão vertical no final da construção

Kr: Coeficiente de empuxo residual no final da construção

#### 4.11.2.3 Referências bibliográficas

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11682:2009 – Estabilidade de encostas, 2009.

Carlos A. Lazarte., PhD, PE, GE; Helen Robinson, PE; Jesús E. Gómez, PhD, PE; Andrew Baxter, PE, PG; Allen Cadden, PE; Ryan Berg, PE. FHWA-NHI-14-007 - Geotechnical Engineering Circular No. 7 - Soil Nail Walls - Reference Manual, 2015.

## 4.12 PROJETO DE DRENAGEM

O Projeto de Drenagem consiste na definição, detalhamento e posicionamento do novo sistema de drenagem a ser implantado, considerando-se a ampliação da via existente, para captação das águas que possam atingir a rodovia, conduzindo-as a situações que assegurem o seu afastamento, garantindo e a estabilidade além de minimizar a manutenção e conservação da via.

### 4.12.1 Cadastro e Diagnóstico dos Dispositivos Existentes

A avaliação dos dispositivos existentes foi realizada com base no levantamento topográfico e fotográfico.

Atualmente a drenagem superficial é feita através de sarjetas/ valetas longitudinais a rodovia e em geral em estado de conservação Regular, ou seja, interferência no funcionamento do dispositivo devido à falta de manutenção, sendo necessária limpeza e desobstrução dos mesmos.

### 4.12.2 Obras de arte correntes

Para elaboração do projeto de drenagem foram utilizadas as vazões de contribuição apresentados nos cálculos hidrológicos e a verificação hidráulica dos dispositivos existentes executada conforme as ***Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários, Especificações de Serviço- DNIT e Manual de Drenagem de Rodovias-DNIT.***

#### 4.12.2.1 Aproveitamento de Obras Existentes

No dimensionamento hidráulico dos bueiros foi considerado o item **3.3 Casos Particulares, da IS-203- Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários**, que preconiza que, no caso de *Projetos de Pavimentação, Restauração e Duplicação, onde a maioria das obras já se encontram implantadas, apenas se aplicará a sistemática da IS-203 para os casos onde o levantamento cadastral indicar a necessidade de substituição do bueiro. Portanto, no caso de serem mantidas as obras-de-arte correntes existentes, ou apenas serem prolongadas (Projetos de Duplicação – Melhoramentos – Terceiras faixas, etc.), a metodologia da IS-203 não se aplica.*

#### 4.12.2.2 Implantação de Obras Novas

##### 4.12.2.2.1 Bueiros Operando como canal

Na hipótese de bueiros operando como canal, o dimensionamento foi feito considerando-se o seu funcionamento no regime supercrítico, limitando-se a sua capacidade hidráulica à vazão correspondente ao regime crítico, com energia específica igual ao seu diâmetro ou altura.

As equações utilizadas foram aquelas constantes do *Manual de Drenagem de Rodovias-DNIT* e que são reproduzidas abaixo:

Bueiros Tubulares

$$Q_c = 1,533 \cdot D^{2,5}$$

$$V_c = 2,56 \cdot \sqrt{D}$$

$$I_c = 32,82 \cdot \frac{n^2}{\sqrt[3]{D}}$$

Bueiros Celulares

$$Q_c = 1,705 \cdot B \cdot H^{1,5}$$

$$V_c = 2,56 \cdot \sqrt{H}$$

$$I_c = 2,60 \cdot \frac{n^2}{\sqrt[3]{H}} \cdot \left(3 + \left(\frac{4 \cdot H}{B}\right)^{\frac{4}{3}}\right)$$

$Q_c$  = Vazão crítica, em  $m^3/s$ ;

$V_c$  = Velocidade crítica, em  $m/s$ ;

$I_c$  = Declividade crítica, em  $m/m$ ;

$D$  = Diâmetro do bueiro tubular, em  $m$ ;

##### 4.12.2.2.2 Bueiros Operando como Orifício

Os bueiros, dimensionados para operarem como canal com a vazão calculada para 15 anos – bueiros tubulares – e 25 anos – bueiros celulares –, foram, ainda, verificados para as vazões respectivas de 25 e 50 anos, considerando-se a sua operação como

orifício. Admitiu-se que para estes períodos de recorrência as obras possam trabalhar com carga hidráulica, limitada a:

- $H_w \leq 2D$  para bueiros tubulares projetados;
- $H_w \leq 2H$  para bueiros celulares projetados;
- Nível d'água abaixo do greide da rodovia, para evitar o sobre passe da pista.

Onde:

$H_w$  = Carga hidráulica a montante (m);

$D$  = Diâmetro do bueiro (m).

$$Q = C.A.\sqrt{2.g.h} \quad \text{- Fórmula do Orifício}$$

Onde:

$Q$  = Vazão, em  $m^3/s$ ;

$C$  = Coeficiente, adimensional;

$A$  = Área da seção transversal, em  $m^2$ ;

$g$  = Aceleração da gravidade, em  $m/s^2$ ;

$h$  = Carga hidráulica sobre o centro da obra, em m.

Tomando-se  $C = 0,63$  e  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ , tem-se:

**Bueiros Tubulares:**

$$h = \frac{(Q_{25})^2}{4,803.D^4}$$

### Bueiros Celulares:

$$h = \frac{(Q_{50})^2}{7,787 \cdot B^2 \cdot H^2}$$

Onde:

$h$  = Carga hidráulica sobre o centro da obra, em m;

$Q_{25}$  = Vazão para TR=25 anos, em m<sup>3</sup>/s;

$Q_{50}$  = Vazão para TR=50 anos, em m<sup>3</sup>/s;

$D$  = Diâmetro do bueiro tubular, em m;

$H$  = Altura do bueiro celular, em m;

O coeficiente de rugosidade adotado para dimensionamento foi de 0,015 para tubos de concreto e 0,024 para tubos metálicos, sendo as velocidades máximas admissíveis de 4,5 m/s e 6 m/s, respectivamente.

#### 4.12.2.2.3 Critérios de Implantação

Para as obras de arte correntes projetadas, o diâmetro mínimo adotado foi de 0,80m. Para os prolongamentos, sempre que possível utilizou-se o mesmo diâmetro.

O recobrimento mínimo dos bueiros foi de 0,60m, em relação à plataforma de terraplenagem, sendo a resistência de compressão estabelecida para as diversas classes dos tubos pela **NBR 8890/2007- Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários - Requisitos e métodos de ensaios-ABNT**. As bocas dos bueiros tubulares de concreto foram indicadas de acordo com **Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem - DER-PR**.

Foram indicados dissipadores de energia em todos os lançamentos dos bueiros. Essa Para implantação dos bueiros foi prevista abertura de valas onde a base menor corresponde à largura do berço, acrescida de 0,60m para cada lado, a partir da face externa do berço e talude com inclinação 1: 1.

O reaterro e compactação com soquete vibratório foi contabilizado até 0,60m acima da geratriz superior do tubo, ou da célula. O restante do reaterro até a cota de terraplenagem foi indicado como compactação de aterros a 100% proctor normal.

Os quantitativos de demolição de pavimento gerados pela implantação de bueiros e redes serão apresentados no Projeto de Pavimentação. A extensão considerada corresponde:

$$L = (b + 2 * 0,60) + 2. h$$

Sendo:

*L= Extensão da demolição;*

*B= Largura do berço do bueiro;*

*h= Altura de escavação para implantação do bueiro.*

A NBR 12266/1992 estabelece que a seção retangular pode ser indicada para valas simples com até 1,30 m de profundidade ou para valas mais profundas, desde que convenientemente escoradas: **Portaria do Ministério do Trabalho NR 18-Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção**. Segundo a mesma norma, seções trapezoidais ou mistas dispensam o uso de escoramentos e deverão ser indicadas quando houver ocorrência de solo estável, espaço disponível ou vantagem técnica e/ou econômica.

Desta forma, foram previstos escoramentos para relocação/implantação das caixas coletoras no canteiro central. No entanto, dada às alturas observadas em projeto, foram previstos escoramentos de acordo com o critério a seguir:

- Escoramento com perfis metálicos I 152 mm x 10,8 kg/m a cada metro e chapas de aço - estroncas a cada 2 m não incluídas - profundidade de até 10 m - aço com utilização de 20 vezes - fornecimento, instalação e retirada;
- Estroncas em perfil metálico I 152mm x 10,8 kg/m - utilização de 20 vezes ( 12,50m a cada metro de altura).

Antecedendo a etapa de prolongamento dos bueiros existentes, os mesmos deverão ser limpos e desobstruídos possibilitando um contínuo escoamento das águas que incidem no corpo estradal, ou que se deslocam de um lado para o outro através dos mesmos. Este procedimento deve seguir a **NORMA DNIT/028/2004-ES – Drenagem- Limpeza e desobstrução de dispositivos de drenagem- Especificação de serviço.**

### 4.12.3 Drenagem superficial

#### 4.12.3.1 Critérios de dimensionamento

Os dispositivos de drenagem superficial posicionados longitudinalmente à rodovia, como é o caso das sarjetas de bordo, canaletas, sarjetas de canteiro, meios fios, sarjetas de banquetas e valetas de proteção de taludes de cortes e/ou aterros, tiveram o seu dimensionamento hidráulico realizado por meio da comparação entre a descarga de projeto e a capacidade de escoamento do dispositivo considerado, de modo que não haja transbordamento.

Para o cálculo da descarga de projeto calculou-se a descarga de projeto pela aplicação da fórmula do Método Racional:

$$Q = \frac{(C_1A_1 + C_2A_2 + C_3A_3)i}{6}$$

Onde:

$Q$  = vazão escoada, em m<sup>3</sup>/s;

$A_1$  = área da de contribuição do talude, em ha;

$A_2$  = área da de contribuição da pista, em ha;

$A_3$  = área da de contribuição externa, em ha;

$C_1$  = coeficiente de escoamento superficial do talude, adimensional;

$C_2$  = coeficiente de escoamento superficial da pista, adimensional;

$C_3$  =coeficiente de escoamento superficial da área externa, adimensional;

$i$  = intensidade de precipitação (mm/min);

O valor da intensidade de precipitação foi definido pela Equação de Chuvas de Curitiba, obtida na publicação “**Chuvas Intensas Para Obras de Drenagem No Estado do Paraná**”, de Roberto Fendrich, (ANA/SUDERHSA, 2000), conforme especificado nos **Estudos Hidrológicos**.

A capacidade hidráulica máxima dos dispositivos foi obtida pela associação das equações de Manning e da continuidade:

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

Onde:

$Q$  = vazão máxima admissível, em  $m^3/s$ ;

$A$  = área da seção transversal do dispositivo, em  $m^2$ ;

$I$  = declividade longitudinal do dispositivo, em  $m/m$ ;

$n$  = coeficiente de rugosidade, adimensional;

Os períodos de recorrência foram utilizados conforme a tabela abaixo:

Tabela 29: Tempos de recorrência em função do tipo de dispositivo

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

Fixada a seção do dispositivo e a declividade é possível determinar a lâmina d'água e velocidade para a vazão escoada. Para sarjetas e valetas em grama foram utilizados

coeficientes de rugosidade médios em função da declividade longitudinal do escoamento, conforme a seguir apresentados:

Tabela 30: Declividade longitudinal x coeficiente de rugosidade

Declividade Longitudinal	Coefficiente de Rugosidade
$I < 1\%$	0,065
$1\% \leq I < 2\%$	0,046
$2\% \leq I < 3\%$	0,041
$3\% \leq I < 5\%$	0,038
$I \geq 5\%$	0,035

No caso de revestimento com grama, as velocidades máximas admissíveis estão apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 31: Velocidade máxima admissível para revestimento em grama

Tipo de terreno ou material da plataforma	Velocidade para revestimento de grama em leivas (m/s)	Velocidade para revestimento de grama em placas (m/s)
Solo argiloso ou solo com boa coesão	1,50	1,80
Solo siltoso ou com média coesão	1,10	1,30
Solo arenoso ou com baixa coesão	0,60	0,80

Tabela 32: Coeficiente de escoamento superficial em função do tipo de cobertura

Valores dos Coeficientes de Deflúvio						
Cobertura Vegetal		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

Neste projeto, foram adotados os seguintes valores para coeficiente de escoamento superficial:

Áreas pavimentadas: **0,90**;

Superfícies em taludes: **0,70**;

Terreno natural: **0,30**.

Para as sarjetas projetadas em concreto foi utilizado coeficiente de rugosidade de 0,015, sendo que, as velocidades de projeto devem estar compreendidas entre 0,50 m/s e 4,5 m/s.

#### 4.12.3.2 Critérios de Implantação

##### 4.12.3.2.1 Sarjetas de Corte

Têm como objetivo captar as águas que se precipitam sobre a plataforma e taludes de corte e conduzi-las longitudinalmente à rodovia, até a transição entre o corte e o aterro, de forma a permitir a saída lateral para o terreno natural ou para a valeta de proteção.

As sarjetas foram projetadas em todos os cortes, sendo construídas à margem dos acostamentos, terminando em pontos de saída convenientes (pontos de passagem de corte para aterro ou caixas coletoras).

Para as saídas de sarjetas no terreno natural foi prevista a mudança de seção de do dispositivo, passando de triangular para trapezoidal para facilitar a execução e garantir

o encaixe no terreno. Os dispositivos adotados foram selecionados conforme **Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem - DER-PR**, exceto onde indicado.

#### 4.12.3.2.2 Canaleta

As canaletas trapezoidais foram indicadas em duas situações para o segmento de projeto.

- a. Crista da contenção em aterro armado com geogrelhas; Visando a captação da água precipitada sobre o canteiro.
- b. Pé da contenção solo grampeado com face em concreto projetado. Visando atender as limitações de espaço da faixa de drenagem, em relação a outros dispositivos (defensa, OAE, contenção e postes de iluminação).

#### 4.12.3.3 Caixa Coletora Especial para Contenção

Para deságue da canaleta locada na contenção foi utilizada uma caixa coletora especial, cujo coletor vertical trata-se de tubulação em PEAD. Esta configuração permitiu que a água coletada do canteiro central pudesse ser direcionada ao patamar inferior, e direcionada adequadamente.

##### 4.12.3.3.1 Sarjetas de Canteiro Central

Nos segmentos de duplicação onde a separação das pistas se deu por canteiro central côncavo, foram indicadas sarjetas de canteiro central de seção triangular e revestimento em concreto tipo SCC-01. Para os segmentos com desnível entre pistas, onde o fundo do canteiro foi posicionado próximo à pista mais baixa, foram indicadas sarjetas de bordo de seção triangular e revestimento em concreto, tipo STC-01.

##### 4.12.3.3.2 Descidas d'água

As descidas d'água de cortes em degraus (DCD) são utilizadas como dispositivos que possibilitam o escoamento e dissipação de energia das águas que se concentram em talwegues interceptados pela terraplenagem, e que vertem sobre os taludes de corte. As descidas d'água em aterro (DAD) foram concebidas a jusante de entradas d'água e de bueiros, de acordo com o **Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem - DER-PR**.

#### **4.12.3.3.3 Dissipadores de Energia**

São dispositivos destinados a dissipar a energia do fluxo d'água, reduzindo conseqüentemente sua velocidade, de modo que não haja risco de erosão no final das saídas de sarjetas, descidas d'água, valetas de proteção e bueiros. Foram projetados sistemas de amortecimento a jusante de todos os lançamentos no terreno natural. Foram indicados preferencialmente dispositivos do **Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem - DER-PR**.

#### **4.12.3.3.4 Caixas Coletoras e de Ligação**

As caixas coletoras têm por finalidade coletar e destinar as águas oriundas dos sistemas de drenagem superficial e de talvegue, conduzindo-as para fora do corpo estradal através dos bueiros de greide ou bueiros de grotá. As caixas coletoras foram indicadas em função de sua altura e do diâmetro do bueiro conforme **Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem - DER-PR**. Para bueiros não contemplados no Álbum de dispositivos do DNIT foram utilizadas as caixas disponibilizadas especiais conforme projeto tipo específico.

#### **4.12.3.3.5 Transposição de sarjetas**

Para transposição de segmentos de sarjeta em acessos regularizados ou particulares, ou regularizados, foram previstas transposições com placas de concreto conforme **Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem - DER-PR**.

### **4.12.4 Drenagem pluvial urbana**

#### **4.12.4.1 Meios-fios**

Atendendo a **NBR-15486/2016- Segurança no tráfego - Dispositivos de contenções viárias - Diretrizes de projeto e ensaios de impacto**, foram indicados nas ilhas e

retorno, meios fios tipo MFC-09A, devido a sua altura de 0,10m, não configurando obstáculo fixo.

Nos segmentos de calçada das marginais foram indicados meios fios tipo MFC-03.

#### **4.12.4.2 Boca de Lobo**

As bocas de lobo são dispositivos especiais que têm finalidade de captar águas pluviais que escoam pelos meios fios para, em seguida, conduzi-las a galerias subterrâneas.

Foram indicadas bocas de lobo simples com poço de queda, conforme ***Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem - DER-PR***. Este modelo de dispositivo é visitável através de uma tampa posicionada na calçada, tornando dispensável a utilização de PVs intermediários. A captação se dá tanto pela grelha quanto pela abertura no meio feio, evitando situações de obstrução do dispositivo.

No RAMO 300 da marginal, a maior parte do segmento possui caimento para o canteiro central. Dessa forma, o espaçamento máximo arbitrado foi de 50m.

#### **4.12.4.3 Rede de drenagem urbana**

Na marginal RAMO 300 foi prevista rede coletora, mantendo sempre bocas de lobo com poços queda na entrada dos acessos, prevendo futuras ligações das primeiras quadras do município de Dr. Camargo.

O diâmetro mínimo utilizado foi de 0,60m, mantendo-se recobrimento mínimo de 0,60m em relação a terraplenagem. A velocidade máxima admissível foi de 4,5 m/s, compatível com o revestimento em concreto.

### **4.12.5 Drenagem Subterrânea**

#### **4.12.5.1 Drenos de Pavimento**

O projeto do sistema de drenagem subsuperficial do pavimento consiste na determinação do balanceamento entre permeabilidade e estabilidade da estrutura do pavimento e na coleta e remoção rápida da água que infiltra no pavimento.

Drenos de pavimento ou drenos subsuperficiais são dispositivos que tem como função receber as águas drenadas pela camada do pavimento de maior permeabilidade conduzindo-as até o local de deságue.

Para este projeto foi adotado o dreno subsuperficial, longitudinais e transversais, DSS-04 do **Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem – DNIT**, composto por material drenante, manta geotêxtil e tubo perfurado com  $\varnothing = 150$  mm ou  $\varnothing = 200$  mm, nos seguintes locais:

- Segmentos que o projeto geométrico indica curvas verticais côncavas;
- Segmentos com curvas horizontais com variação na superelevação.

Para retirar a água captada por este dreno foram utilizadas as caixas coletoras, bueiros ou bocas de saída do tipo BSDS-01, constante no **Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem - DER-PR**.

A seguir apresenta-se o modelo utilizado para o dimensionamento dos drenos subsuperficiais quanto a Infiltração de projeto, cálculos das vazões e dimensionamento das saídas de água.

#### 4.12.5.1.1 Avaliação da Infiltração de projeto

Para o calculo da intensidade da chuva crítica foi adotado a equação da chuva, apresentado no Estudo Hidrológico, considerando o Tempo de recorrência ( $T_r$ ) de 1 ano e tempo de concentração ( $t_c$ ) de 60 minutos. Resultado na Intensidade Pluviométrico ( $p_i$ ) de 50,19 mm/h.

Para a determinação da Taxa de Infiltração por unidade de área ( $q_i$ ), Cedergren (1974) propõem coeficientes de infiltração ( $c_i$ ), para revestimentos asfálticos variando entre 0,33 a 0,50. Para o presente estudo, foi adotado o valor do coeficiente de infiltração igual a 0,44.

Para a determinação do taxa de infiltração foi utilizado a seguinte equação:

$$q_i = \frac{c_i \cdot p_i}{36000}$$

Onde:

$q_i$  = Taxa de infiltração por unidade de área, em cm/s;

$c_i$  = Coeficiente de infiltração;

$p_i$  = Intensidade Pluviométrica, em mm/h.

#### 4.12.5.1.2 Cálculo da Vazão de Projeto

De acordo com a metodologia apresentada abaixo, determina-se a vazão por metro linear da camada drenante através da seguinte equação:

$$Q_R = \frac{W \cdot q_i}{100}$$

Onde:

$Q_R$  = Vazão de projeto, em m<sup>3</sup>/s;

$W$  = Largura de contribuição, em m;

Para se determinar o espaçamento entre as saídas da água, deve-se determinar a vazão máxima ( $Q_{max}$ ) que o dispositivo suporta, admitindo que a altura da lâmina d'água no Tubo será de 2/3 e o coeficiente de Manning igual a 0,015 mm/h, através da seguinte equação:

$$Q_{Max} = \frac{A_m \cdot R_h^{2/3} \cdot S_y^{1/2}}{n}$$

Onde:

$Q_{max}$  = Vazão máxima do dispositivo, em m<sup>3</sup>/s;

$A_m$  = Área molhada, em m<sup>2</sup>;

$R_h$  = Raio Hidráulico, em m;

$S_y$  = Declividade Longitudinal da pista, em m/m;

$n$  = Coeficiente de Manning, em mm/h;

#### 4.12.5.1.3 Dimensionamento das saídas de água

Para determinar o espaçamento entre as saídas da água ( $L_S$ ) que escoam no interior do dreno raso longitudinal, quando a capacidade hidráulica deste alcançar seu valor máximo basta fazer a razão entre o valor da máxima vazão admissível ( $Q_{max}$ ) e a quantidade de água que deve ser removida por metro linear do dreno longitudinal ( $Q_R$ ).

Para retirar a água captada por este dreno foram utilizadas as caixas coletoras ou bocas de saída do tipo BSDS-01.

A seguir apresenta-se o quadro resumo com o dimensionamento das saídas de água dos drenos longitudinais com tubos de 150 mm e 200 mm, respectivamente:

DADOS DE ENTRADA - DRENO DSS-04 ( $\phi=150$ mm)					
Largura de Pista Adotado [W]	Coef. de Permeabilidade adotado [c.]	Tempo de Recorrência [T <sub>r</sub> ]	Tempo de Concentração [t <sub>c</sub> ]	Altura de Camada Drenante [H <sub>cd</sub> ]	Alternativa de Dreno
10,30 metros	0,44	1,0 anos	60 min	0,38 metros	Dreno Tubular
Diametro do Tubo [ $\phi$ ]	Índice Pluviométrico [p.]	Coef. Manning	Altura da Lamina d'água	Raio Hidráulico [Rh]	Area Molhada [Am]
0,15 metros	50,19mm/h	0,015mm/h	2/3	0,04367 metros	0,01251 m <sup>2</sup>

DIMENSIONAMENTO DRENOS SUB-SUPERFICIAIS - MÉTODO CEDERGREN							
Pavimento	S <sub>y</sub>	S <sub>x</sub>	q <sub>i</sub>	Q <sub>R</sub>	Q <sub>Max</sub>	L <sub>s</sub>	L <sub>s-adoptado</sub>
Flexível	0,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	0,000E+00 m <sup>3</sup> /s	0,00 m	<b>0,00 m</b>
Flexível	0,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	7,315E-03 m <sup>3</sup> /s	115,77 m	<b>116,00 m</b>
Flexível	1,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	1,035E-02 m <sup>3</sup> /s	163,72 m	<b>164,00 m</b>
Flexível	1,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	1,267E-02 m <sup>3</sup> /s	200,52 m	<b>201,00 m</b>
Flexível	2,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	1,463E-02 m <sup>3</sup> /s	231,54 m	<b>232,00 m</b>
Flexível	2,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	1,636E-02 m <sup>3</sup> /s	258,87 m	<b>259,00 m</b>
Flexível	3,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	1,792E-02 m <sup>3</sup> /s	283,58 m	<b>284,00 m</b>
Flexível	3,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	1,935E-02 m <sup>3</sup> /s	306,30 m	<b>307,00 m</b>
Flexível	4,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	2,069E-02 m <sup>3</sup> /s	327,45 m	<b>328,00 m</b>
Flexível	4,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	2,195E-02 m <sup>3</sup> /s	347,31 m	<b>348,00 m</b>
Flexível	5,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	2,313E-02 m <sup>3</sup> /s	366,09 m	<b>367,00 m</b>
Flexível	5,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	2,426E-02 m <sup>3</sup> /s	383,96 m	<b>384,00 m</b>
Flexível	6,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	2,534E-02 m <sup>3</sup> /s	401,04 m	<b>402,00 m</b>
Flexível	6,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	2,638E-02 m <sup>3</sup> /s	417,41 m	<b>418,00 m</b>
Flexível	7,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	2,737E-02 m <sup>3</sup> /s	433,17 m	<b>434,00 m</b>
Flexível	7,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	2,833E-02 m <sup>3</sup> /s	448,37 m	<b>449,00 m</b>
Flexível	8,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	2,926E-02 m <sup>3</sup> /s	463,08 m	<b>464,00 m</b>
Flexível	8,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	3,016E-02 m <sup>3</sup> /s	477,33 m	<b>478,00 m</b>
Flexível	9,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	3,104E-02 m <sup>3</sup> /s	491,17 m	<b>492,00 m</b>
Flexível	9,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	3,189E-02 m <sup>3</sup> /s	504,63 m	<b>505,00 m</b>
Flexível	10,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	3,271E-02 m <sup>3</sup> /s	517,74 m	<b>518,00 m</b>

DADOS DE ENTRADA - DRENO DSS-04 ( $\phi=200$ mm)					
Largura de Pista Adotado [W]	Coef. de Permeabilidade adotado [ $c_i$ ]	Tempo de Recorrência [T <sub>r</sub> ]	Tempo de Concentração [t <sub>c</sub> ]	Altura de Camada Drenante [H <sub>cd</sub> ]	Alternativa de Dreno
10,30 metros	0,44	1,0 anos	60 min	0,38 metros	Dreno Tubular
Diametro do Tubo [ $\phi$ ]	Índice Pluviométrico [p <sub>i</sub> ]	Coef. Manning	Altura da Lamina d'água	Raio Hidráulico [Rh]	Área Molhada [Am]
0,20 metros	50,19mm/h	0,015mm/h	2/3	0,05822 metros	0,02225 m <sup>2</sup>

DIMENSIONAMENTO DRENOS SUB-SUPERFICIAIS - MÉTODO CEDERGREN							
Pavimento	S <sub>y</sub>	S <sub>x</sub>	q <sub>i</sub>	Q <sub>R</sub>	Q <sub>Max</sub>	L <sub>s</sub>	L <sub>s-adoptado</sub>
Flexível	0,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	0,000E+00 m <sup>3</sup> /s	0,00 m	<b>0,00 m</b>
Flexível	0,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	1,575E-02 m <sup>3</sup> /s	249,32 m	<b>250,00 m</b>
Flexível	1,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	2,228E-02 m <sup>3</sup> /s	352,60 m	<b>353,00 m</b>
Flexível	1,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	2,729E-02 m <sup>3</sup> /s	431,84 m	<b>432,00 m</b>
Flexível	2,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	3,151E-02 m <sup>3</sup> /s	498,65 m	<b>499,00 m</b>
Flexível	2,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	3,523E-02 m <sup>3</sup> /s	557,50 m	<b>558,00 m</b>
Flexível	3,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	3,859E-02 m <sup>3</sup> /s	610,72 m	<b>611,00 m</b>
Flexível	3,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	4,168E-02 m <sup>3</sup> /s	659,65 m	<b>660,00 m</b>
Flexível	4,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	4,456E-02 m <sup>3</sup> /s	705,19 m	<b>706,00 m</b>
Flexível	4,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	4,726E-02 m <sup>3</sup> /s	747,97 m	<b>748,00 m</b>
Flexível	5,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	4,982E-02 m <sup>3</sup> /s	788,43 m	<b>789,00 m</b>
Flexível	5,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	5,225E-02 m <sup>3</sup> /s	826,91 m	<b>827,00 m</b>
Flexível	6,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	5,457E-02 m <sup>3</sup> /s	863,68 m	<b>864,00 m</b>
Flexível	6,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	5,680E-02 m <sup>3</sup> /s	898,95 m	<b>899,00 m</b>
Flexível	7,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	5,895E-02 m <sup>3</sup> /s	932,88 m	<b>933,00 m</b>
Flexível	7,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	6,102E-02 m <sup>3</sup> /s	965,63 m	<b>966,00 m</b>
Flexível	8,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	6,302E-02 m <sup>3</sup> /s	997,29 m	<b>998,00 m</b>
Flexível	8,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	6,496E-02 m <sup>3</sup> /s	1027,99 m	<b>1028,00 m</b>
Flexível	9,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	6,684E-02 m <sup>3</sup> /s	1057,79 m	<b>1058,00 m</b>
Flexível	9,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	6,867E-02 m <sup>3</sup> /s	1086,78 m	<b>1087,00 m</b>
Flexível	10,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m <sup>3</sup> /s	7,046E-02 m <sup>3</sup> /s	1115,01 m	<b>1116,00 m</b>

#### 4.12.5.2 Drenos Profundos

Os dispositivos de drenagem profunda têm como objetivo, rebaixar o nível do lençol freático evitando a percolação da água ao pavimento. No presente projeto, foi considerado o dreno do tipo DPS-06A para corte em solo nos seguintes locais:

- Presença de N.A. no ensaio de caracterização do solo.

Para retirar a água captada pelos drenos citados foram utilizadas as caixas coletoras ou boca de saída do tipo BSD-02.

## **4.12.6 Análise de fundação de bueiros**

As soluções recomendadas para correção dos trechos em que foi identificada a presença de solo de baixa capacidade de suporte no subleito encontram-se indicadas no item 4.2.6 do Projeto de Terraplenagem.

## **4.12.7 Particularidades do segmento de projeto**

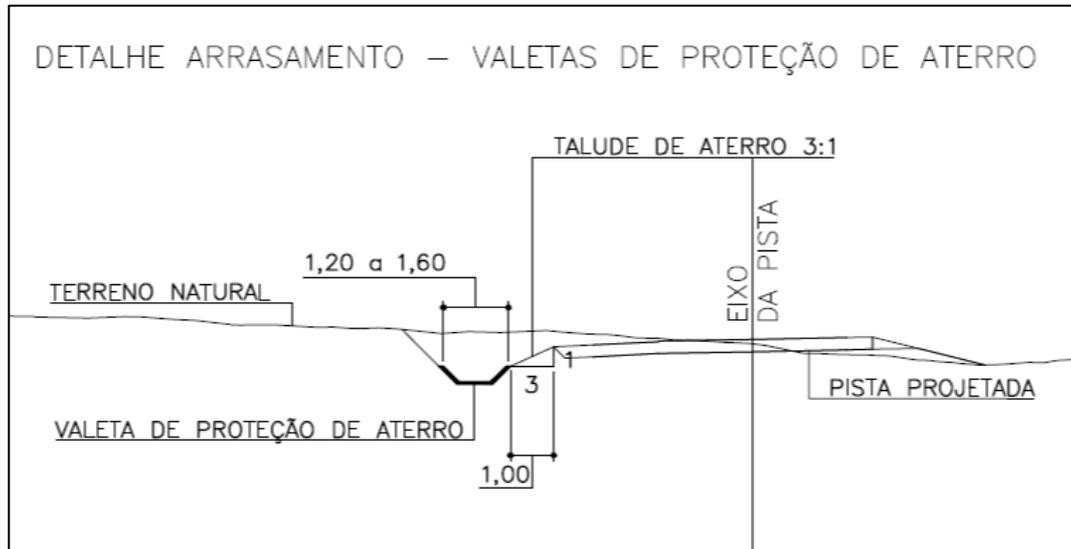
### **4.12.7.1 Arrasamento com implantação de valeta**

Devido à implantação do greide colado no terreno natural, foram gerados taludes de cortes pequenos, mas que resultam em acúmulo de água no bordo da plataforma. Em todo o trecho, o talude adjacente incide na rodovia, e as sarjetas de bordo não possuem suficiência hidráulica para as vazões resultantes.

Dessa forma, é proposta uma solução de implantação de vala em todo o segmento de projeto, alterando os taludes de corte, para taludes de aterro com suavização 3:1 e afastamento de 1,0m da faixa de drenagem, para então implantar a valeta de proteção. Essa configuração permite que as declividades acompanhem o greide da rodovia, e isenta a necessidade de implantação de dispositivos de segurança. Foi previsto ainda o prolongamento da valeta no final do trecho de projeto de modo a garantir o deságue da vazão no talvegue existente, sendo indicado também um dissipador de alvenaria de pedra argamassada.

A transposição dos acessos no segmento da valeta foi realizada mediante a implantação de BSTC Ø 0,80m, cuja seção tipo encontra-se indicada em projeto específico de limpa-rodas juntamente com o Projeto de Pavimentação. Exceção se aplica ao acesso regularizado pela geometria, onde devido à falta de recobrimento da seção transversal, foi indicado envelopamento do tubo de concreto de modo a garantir a resistência do tubo ao tráfego do acesso, sendo este apresentado juntamente com as seções de bueiros projetados.

Figura 63 – Detalhe de arrasamento



#### 4.12.7.2 Taludes de corte sem valetas de proteção

Para atender aos parâmetros solicitados de projeto, fez-se necessária a retirada de alguns trechos de valeta de proteção de corte. No primeiro trecho, localizado na Marginal 400, a valeta encontrava-se fora da faixa de domínio, onde não foi prevista desapropriação. Desta forma, foi verificada a suficiência hidráulica das sarjetas de bordo, que foram por sua vez dimensionadas para receber a contribuição do terreno adjacente.

Em outro trecho, localizado entre as Estacas 8878 + 4,00 e 8893 + 4,00, a valeta de proteção de corte foi retirada a fim de evitar que a contribuição da mesma seja lançada na sarjeta de bordo da linha geral nos pontos onde existem acessos a serem transpostos. Desta forma, a contribuição do terreno adjacente foi considerada no dimensionamento da sarjeta de bordo.

#### 4.12.7.3 Implantação de Canal

Visando atender às solicitações do contratante, foi prevista a execução de um canal à jusante do bueiro da Estaca 8717 + 7,55 até o ponto de lançamento no talvegue mais próximo. Para satisfazer a premissa de velocidade máxima do concreto de 4,5 m/s,

adotou-se a declividade máxima de 2,00%. Desta forma, devido à diferença de declives entre o terreno natural e o canal projetado, fez-se necessária a implantação de degraus, conforme projeto apresentado.

#### 4.12.7.4 Bueiro com tubo envelopado de concreto

Foram implantados bueiros envelopados com concreto nos trechos onde o recobrimento mínimo de 0,60m não foi atendido. Em especial o caso do bueiro da Estaca 9016 + 0,43, projetado para atender à solicitação da contratante de evitar a demolição do pavimento existente e, conseqüentemente, a interrupção do tráfego. Além do envelopamento do tubo, foi previsto um degrau de 0,30m na valeta de proteção de aterro para atingir a cota necessária para saída do bueiro projetado.

### 4.12.8 Resultados

As planilhas de dimensionamento para o segmento de projeto encontram-se apresentadas a seguir:

DRENOS SUBSUPERFICIAIS LONGITUDINAL DE PAVIMENTO - LINHA GERAL (LADO DIREITO)								
ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	LADO DA PISTA	$i_{Projeto-Longit}$	TIPO DE DRENO	$\phi$ TUBO (cm)	COMPRIMENTO PROJETADO	DISPOSITIVO DE SAÍDA	ESTACA DO DISPOSITIVO DE SAÍDA
8712 + 0,000	8716 + 0,000	DIREITO	5,35%	DSS-04	15	85,60 metros	CANAL	8711 + 14,535

DRENOS SUBSUPERFICIAIS LONGITUDINAL DE PAVIMENTO - LINHA GERAL (LADO ESQUERDO)								
ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	LADO DA PISTA	$i_{Projeto-Longit}$	TIPO DE DRENO	$\phi$ TUBO (cm)	COMPRIMENTO PROJETADO	DISPOSITIVO DE SAÍDA	ESTACA DO DISPOSITIVO DE SAÍDA
8711 + 0,000	8716 + 0,000	ESQUERDO	4,50%	DSS-04	15	113,75 metros	BSDS-01	8710 + 4,269
8746 + 4,000	8761 + 9,000	ESQUERDO	-3,64%	DSS-04	15	305,00 metros	CCS-06	8761 + 9,000
8761 + 9,000	8786 + 8,000	ESQUERDO	2,18%	DSS-04	20	499,00 metros	CCS-06	8761 + 2,430
8826 + 0,000	8829 + 1,707	ESQUERDO	-4,50%	DSS-04	15	61,71 metros	CCS-06	8829 + 1,707
8829 + 1,707	8850 + 0,000	ESQUERDO	3,56%	DSS-04	20	418,29 metros	CCS-06	8829 + 1,707
8855 + 0,000	8868 + 0,000	ESQUERDO	-4,50%	DSS-04	15	260,00 metros	BSTC	8868 + 0,000
8868 + 0,000	8871 + 0,000	ESQUERDO	4,50%	DSS-04	15	60,00 metros	BSTC	8868 + 0,000
8868 + 0,000	8890 + 0,000	DIREITO	4,50%	DSS-04	20	440,00 metros	BSTC	8868 + 0,000
8910 + 0,000	8912 + 14,007	ESQUERDO	4,17%	DSS-04	15	54,01 metros	CCS-06	8912 + 14,007
8912 + 14,007	8917 + 0,000	ESQUERDO	4,17%	DSS-04	15	85,99 metros	CCS-06	8912 + 14,007

DRENOS SUBSUPERFICIAIS TRANSVERSAIS DE PAVIMENTO - LINHA GERAL								
ESTACA INICIAL	CRITÉRIO	TIPO DE DRENO	φ TUBO (cm)	COMPRIMENTO PROJETADO	DISPOSITIVO DE SAÍDA	LADO DA PISTA	ESTACA DO DISPOSITIVO DE SAÍDA	
8759 + 19,000	PONTO BAIXO	DSS-04	15	12,00 m	DSS-04	ESQUERDO	8759 + 19,000	
8761 + 9,000	PONTO BAIXO	DSS-04	15	12,00 m	CCS-06	ESQUERDO	8761 + 9,000	
8762 + 19,000	PONTO BAIXO	DSS-04	15	12,00 m	DSS-04	ESQUERDO	8762 + 19,000	
8827 + 11,707	PONTO BAIXO	DSS-04	15	12,00 m	DSS-04	ESQUERDO	8827 + 11,707	
8829 + 1,707	PONTO BAIXO	DSS-04	15	16,10 m	CCS-06	DIREITO	8829 + 0,937	
8830 + 11,707	PONTO BAIXO	DSS-04	15	12,00 m	DSS-04	ESQUERDO	8830 + 11,707	
8866 + 10,000	PONTO BAIXO	DSS-04	15	12,00 m	DSS-04	ESQUERDO	8866 + 10,000	
8868 + 0,000	PONTO BAIXO	DSS-04	15	12,00 m	BSTC	ESQUERDO	8868 + 0,000	
8869 + 10,000	PONTO BAIXO	DSS-04	15	12,00 m	DSS-04	ESQUERDO	8869 + 10,000	
8870 + 0,000	CURVA	DSS-04	15	12,00 m	DSS-04	DIREITO	8870 + 0,000	
8874 + 0,102	CURVA	DSS-04	15	12,00 m	DSS-04	DIREITO	8874 + 0,102	
8876 + 18,937	CURVA	DSS-04	15	12,00 m	DSS-04	DIREITO	8876 + 18,937	
8879 + 17,773	CURVA	DSS-04	15	12,00 m	DSS-04	DIREITO	8879 + 17,773	
8882 + 16,608	CURVA	DSS-04	15	12,00 m	DSS-04	DIREITO	8882 + 16,608	
8885 + 15,443	CURVA	DSS-04	15	12,00 m	DSS-04	DIREITO	8885 + 15,443	
8889 + 15,444	CURVA	DSS-04	15	12,00 m	DSS-04	DIREITO	8889 + 15,444	
8911 + 4,007	PONTO BAIXO	DSS-04	15	12,00 m	DSS-04	ESQUERDO	8911 + 4,007	
8912 + 14,007	PONTO BAIXO	DSS-04	15	16,00 m	CCS-06	DIREITO	8912 + 14,007	
8914 + 4,007	PONTO BAIXO	DSS-04	15	12,00 m	DSS-04	DIREITO	8914 + 4,007	



**PLANILHA DE CÁLCULO - SARJETA DE CORTE**

ESTACA		EXTENSÃO (m)	POSIÇÃO RELATIVA	ÁREA (ha)	C	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO tc (min)	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA i (mm/min)	VAZÃO (m³/s)	DECLIVIDADE (m/m)	TIPO DE SARJETA	DIMENSÕES		DIMENSIONAMENTO		REVESTIMENTO	OBSERVAÇÕES
INICIAL	FINAL										b (m)	h (m)	VELOCIDADE (m/s)	LÂMINA (m)		
101 + 17,00	105 + 15,00	78,00	LE	0,01	0,50	5,00	3,12	0,061	0,040	STC-01	1,25	0,25	1,858	0,115	CONCRETO	n = 0,015
				0,12	0,90											
8710 + 11,00	416 + 12,00	137,00	LE	0,07	0,70	5,00	3,12	0,101	0,044	STC-01	1,25	0,25	2,186	0,136	CONCRETO	n = 0,015
				0,16	0,90											
416 + 12,00	401 + 15,00	294,00	LE	1,62	0,30	5,00	3,12	0,434	0,051	STC-01	1,25	0,25	3,331	0,232	CONCRETO	n = 0,015
				0,38	0,90											
109 + 9,00	113 + 6,00	79,00	LD	0,01	0,70	5,00	3,12	0,081	0,037	STC-01	1,25	0,25	1,950	0,130	CONCRETO	n = 0,015
				0,07	0,90											
208 + 16,00	8757 + 16,00	417,00	LD	0,43	0,50	5,00	3,12	0,278	0,025	STC-01	1,25	0,25	2,269	0,221	CONCRETO	n = 0,015
				0,35	0,90											
8742 + 12,00	8761 + 8,00	376,00	LE	0,23	0,50	5,00	3,12	0,405	0,030	STC-02	1,00	0,30	2,855	0,292	CONCRETO	n = 0,015
				0,74	0,90											
8761 + 8,00	8776 + 7,00	297,00	LE	0,09	0,70	5,00	3,12	0,556	0,022	STC-10	1,40	0,35	2,699	0,321	CONCRETO	n = 0,015
				0,59	0,90											
8776 + 7,00	8788 + 17,00	250,00	LE	0,08	0,50	5,00	3,12	0,250	0,022	STC-01	1,25	0,25	2,107	0,218	CONCRETO	n = 0,015
				0,49	0,90											
305 + 16,00	301 + 4,00	93,00	LD	0,03	0,70	5,00	3,12	0,012	0,010	STC-01	1,25	0,25	0,740	0,055	CONCRETO	n = 0,015
				0,00	0,90											
301 + 4,00	8814 + 10,00	477,00	LE	0,19	0,70	5,00	3,12	0,320	0,045	STC-01	1,25	0,25	2,932	0,209	CONCRETO	n = 0,015
				0,51	0,90											
8833 + 2,00	8852 + 18,00	396,00	LE	0,08	0,70	5,00	3,12	0,227	0,035	STC-01	1,25	0,25	2,448	0,193	CONCRETO	n = 0,015
				0,42	0,90											
8852 + 18,00	8865 + 4,00	246,00	LE	0,05	0,70	5,00	3,12	0,141	0,045	STC-01	1,25	0,25	2,388	0,154	CONCRETO	n = 0,015
				0,26	0,90											
8878 + 10,00	8891 + 0,00	253,00	LE	2,02	0,30	5,00	3,12	0,316	0,018	STC-01	1,25	0,25	2,072	0,247	CONCRETO	n = 0,015
				0,00	0,90											
8891 + 0,00	8906 + 13,00	323,00	LE	0,06	0,70	5,00	3,12	0,256	0,045	STC-01	1,25	0,25	2,773	0,192	CONCRETO	n = 0,015
				0,50	0,90											



**PLANILHA DE CÁLCULO - SARJETA DE CANTEIRO CENTRAL**

ESTACA		EXTENSÃO (m)	POSIÇÃO RELATIVA	ÁREA (ha)	C	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO tc (min)	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA i (mm/min)	VAZÃO (m³/s)	DECLIVIDADE (m/m)	TIPO DE SARJETA	DIMENSÕES		DIMENSIONAMENTO		REVESTIMENTO	OBSERVAÇÕES
INICIAL	FINAL										b (m)	h (m)	VELOCIDADE (m/s)	LÂMINA (m)		
8745 + 1,00	8761 + 8,00	327,00	CENTRAL	0,20 0,06	0,70 0,90	5,00	3,12	0,098	0,010	STC-09	1,00	0,25	1,307	0,194	CONCRETO	n = 0,015
8761 + 8,00	8779 + 0,00	352,00	CENTRAL	0,21 0,16	0,70 0,90	5,00	3,12	0,249	0,022	STC-10	1,40	0,35	2,215	0,237	CONCRETO	n = 0,015
8779 + 0,00	8790 + 2,00	222,00	CENTRAL	0,13 0,10	0,70 0,90	5,00	3,12	0,096	0,008	STC-09	1,00	0,25	1,195	0,201	CONCRETO	n = 0,015
8790 + 2,00	8794 + 10,00	86,00	CENTRAL	0,05 0,04	0,70 0,90	5,00	3,12	0,037	0,005	STC-01	1,25	0,25	0,755	0,142	CONCRETO	n = 0,015
8794 + 10,00	8829 + 2,00	692,00	CENTRAL	0,42 0,32	0,70 0,90	5,00	3,12	0,337	0,020	STC-01	1,25	0,25	2,192	0,248	CONCRETO	n = 0,015
8829 + 2,00	8852 + 18,00	476,00	CENTRAL	0,29 0,22	0,70 0,90	5,00	3,12	0,206	0,010	STC-01	1,25	0,25	1,494	0,235	CONCRETO	n = 0,015
8852 + 18,00	8868 + 0,00	302,00	CENTRAL	0,18 0,14	0,70 0,90	5,00	3,12	0,131	0,020	STC-01	1,25	0,25	1,730	0,055	CONCRETO	n = 0,015
8868 + 0,00	8871 + 10,00	50,00	CENTRAL	0,03 0,06	0,70 0,90	5,00	3,12	0,348	0,007	STC-10	1,40	0,35	1,567	0,333	CONCRETO	n = 0,015
8871 + 10,00	8891 + 0,00	405,00	CENTRAL	0,24 0,47	0,70 0,90	5,00	3,12	0,310	0,045	STC-01	1,25	0,25	2,908	0,207	CONCRETO	n = 0,015
8891 + 0,00	8901 + 9,00	209,00	CENTRAL	0,08 0,14	0,70 0,90	5,00	3,12	0,095	0,010	STC-01	1,25	0,25	1,232	0,176	CONCRETO	n = 0,015
8903 + 4,00	8912 + 14,00	190,00	CENTRAL	0,11 0,09	0,70 0,90	5,00	3,12	0,082	0,005	STC-09	1,00	0,25	0,963	0,207	CONCRETO	n = 0,015
8912 + 14,00	8933 + 10,00	416,00	CENTRAL	0,25 0,26	0,70 0,90	5,00	3,12	0,258	0,029	STC-09	1,00	0,25	2,462	0,229	CONCRETO	n = 0,015
8933 + 10,00	8938 + 12,00	102,00	CENTRAL	0,06 0,05	0,70 0,90	5,00	3,12	0,044	0,008	STC-09	1,00	0,25	0,981	0,149	CONCRETO	n = 0,015
8938 + 12,00	8944 + 0,00	108,00	CENTRAL	0,06 0,05	0,70 0,90	5,00	3,12	0,047	0,005	STC-09	1,00	0,25	0,834	0,167	CONCRETO	n = 0,015

**PLANILHA DE CÁLCULO - SARJETA DE CANTEIRO CENTRAL**

ESTACA		EXTENSÃO (m)	POSIÇÃO RELATIVA	ÁREA (ha)	C	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO tc (min)	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA i (mm/min)	VAZÃO (m³/s)	DECLIVIDADE (m/m)	TIPO DE SARJETA	DIMENSÕES		DIMENSIONAMENTO		REVESTIMENTO	OBSERVAÇÕES
INICIAL	FINAL										b (m)	h (m)	VELOCIDADE (m/s)	LÂMINA (m)		
8944 + 0,00	8981 + 17,00	757,00	CENTRAL	0,45	0,70	5,00	3,12	0,375	0,025	STC-10	1,40	0,35	2,575	0,270	CONCRETO	n = 0,015
				0,35	0,90											
8981 + 17,00	8985 + 11,00	74,00	CENTRAL	0,04	0,70	5,00	3,12	0,032	0,008	STC-01	1,25	0,25	0,867	0,123	CONCRETO	n = 0,015
				0,03	0,90											
8985 + 11,00	8997 + 10,00	239,00	CENTRAL	0,14	0,70	5,00	3,12	0,136	0,005	STC-01	1,25	0,25	1,036	0,228	CONCRETO	n = 0,015
				0,11	0,90											
8997 + 10,00	9002 + 9,00	99,00	CENTRAL	0,06	0,70	5,00	3,12	0,179	0,008	STC-01	1,25	0,25	1,313	0,233	CONCRETO	n = 0,015
				0,05	0,90											
9002 + 10,00	9007 + 10,00	100,00	CENTRAL	0,06	0,70	5,00	3,12	0,222	0,011	STC-10	1,40	0,35	1,637	0,261	CONCRETO	n = 0,015
				0,05	0,90											
9007 + 10,00	9016 + 0,00	170,00	CENTRAL	0,10	0,70	5,00	3,12	0,296	0,011	STC-10	1,40	0,35	1,759	0,290	CONCRETO	n = 0,015
				0,08	0,90											

**PLANILHA DE CÁLCULO - CANALETA**

ESTACA		EXTENSÃO (m)	POSIÇÃO RELATIVA	ÁREA (ha)	C	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO tc (min)	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA i (mm/min)	VAZÃO (m³/s)	DECLIVIDADE (m/m)	TIPO DE SARJETA	DIMENSÕES		DIMENSIONAMENTO		REVESTIMENTO	OBSERVAÇÕES
INICIAL	FINAL										b (m)	h (m)	VELOCIDADE (m/s)	LÂMINA (m)		
8715 + 17,00	8717 + 8,00	30,00	LE	0,02	0,70	5,00	3,12	0,020	0,005	DR-5A	0,30	0,30	0,711	0,096	CONCRETO	n = 0,015
				0,03	0,90											
8717 + 8,00	8724 + 0,00	132,00	LE	0,20	0,70	5,00	3,12	0,608	0,025	DR-7A-1	0,40	0,90	2,906	0,524	CONCRETO	n = 0,015
				0,14	0,90											
8724 + 0,00	8728 + 10,00	90,00	LE	0,14	0,70	5,00	3,12	0,470	0,005	DR-7A-1	0,40	0,90	1,398	0,841	CONCRETO	n = 0,015
				0,10	0,90											
8728 + 10,00	8731 + 3,00	53,00	LE	0,07	0,90	5,00	3,12	0,376	0,005	DR-7A-1	0,40	0,80	1,361	0,691	CONCRETO	n = 0,015
				0,06	0,90											
8731 + 3,00	8734 + 0,00	57,00	LE	0,08	0,90	5,00	3,12	0,315	0,040	DR-7A-1	0,40	0,40	3,096	0,254	CONCRETO	n = 0,015
				0,06	0,90											

**PLANILHA DE CÁLCULO - CANALETA**

ESTACA		EXTENSÃO (m)	POSIÇÃO RELATIVA	ÁREA (ha)	C	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO tc (min)	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA i (mm/min)	VAZÃO (m³/s)	DECLIVIDADE (m/m)	TIPO DE SARJETA	DIMENSÕES		DIMENSIONAMENTO		REVESTIMENTO	OBSERVAÇÕES
INICIAL	FINAL										b (m)	h (m)	VELOCIDADE (m/s)	LÂMINA (m)		
8734 + 0,00	8736 + 10,00	50,00	LE	0,07	0,90	5,00	3,12	0,249	0,045	DR-5A	0,30	0,30	2,992	0,277	CONCRETO	n = 0,015
				0,09	0,90											
8736 + 10,00	8742 + 12,00	122,00	LE	0,17	0,70	5,00	3,12	0,175	0,030	DR-5A	0,30	0,30	2,370	0,245	CONCRETO	n = 0,015
				0,24	0,90											
8717 + 0,00	8717 + 8,00	7,00	LD	0,00	0,70	5,00	3,12	0,004	0,010	DR-5A	0,30	0,30	0,525	0,026	CONCRETO	n = 0,015
				0,01	0,90											
8717 + 8,00	8724 + 0,00	132,00	LD	0,12	0,70	5,00	3,12	0,571	0,025	DR-7A-1	0,40	0,90	2,876	0,496	CONCRETO	n = 0,015
				0,14	0,90											
8724 + 0,00	8728 + 10,00	90,00	LD	0,11	0,70	5,00	3,12	0,462	0,005	DR-7A-1	0,40	0,90	1,395	0,826	CONCRETO	n = 0,015
				0,10	0,90											
8728 + 10,00	8731 + 3,00	53,00	LD	0,04	0,90	5,00	3,12	0,377	0,005	DR-7A-1	0,40	0,80	1,361	0,692	CONCRETO	n = 0,015
				0,10	0,90											
8731 + 3,00	8735 + 0,00	77,00	LD	0,08	0,90	5,00	3,12	0,311	0,023	DR-7A-1	0,40	0,40	2,485	0,312	CONCRETO	n = 0,015
				0,10	0,90											
8735 + 0,00	8737 + 10,00	50,00	LD	0,06	0,90	5,00	3,12	0,224	0,045	DR-5A	0,30	0,30	2,933	0,255	CONCRETO	n = 0,015
				0,09	0,90											
8737 + 10,00	8742 + 13,00	103,00	LD	0,08	0,70	5,00	3,12	0,154	0,020	DR-5A	0,30	0,30	1,969	0,262	CONCRETO	n = 0,015
				0,19	0,90											
8742 + 12,00	8745 + 1,00	49,00	LD	0,01	0,70	5,00	3,12	0,038	0,005	DR-5A	0,30	0,30	0,836	0,149	CONCRETO	n = 0,015
				0,07	0,90											

**PLANILHA DE CÁLCULO - SARJETA DE BANQUETA DE ATERRO**

ESTACA		EXTENSÃO (m)	POSIÇÃO RELATIVA	ÁREA (ha)	C	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO tc (min)	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA i (mm/min)	VAZÃO (m³/s)	DECLIVIDADE (m/m)	TIPO DE SARJETA	DIMENSÕES		DIMENSIONAMENTO		REVESTIMENTO	OBSERVAÇÕES
INICIAL	FINAL										b (m)	h (m)	VELOCIDADE (m/s)	LÂMINA (m)		
8822 + 7,00	8827 + 3,00	96,00	LE	0,12	0,70	5,00	3,12	0,090	0,020	SZC-04	0,20	0,20	1,784	0,146	CONCRETO	n = 0,015
				0,10	0,90											



**PLANILHA DE CÁLCULO - VALETA DE PROTEÇÃO DE ATERRO**

ESTACA		EXTENSÃO (m)	POSIÇÃO RELATIVA	ÁREA (ha)	C	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO tc (min)	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA i (mm/min)	VAZÃO (m³/s)	DECLIVIDADE (m/m)	TIPO DE SARJETA	DIMENSÕES		DIMENSIONAMENTO		REVESTIMENTO	OBSERVAÇÕES
INICIAL	FINAL										b (m)	h (m)	VELOCIDADE (m/s)	LÂMINA (m)		
333 + 10,00	326 + 18,00	132,00	LE	0,00	0,70	5,00	3,12	1,442	0,012	VPA-5A-2	1,00	0,40	2,870	0,367	CONCRETO	n = 0,015
				0,00	0,90											
				1,41	0,30											
8814 + 13,00	8825 + 0,00	211,00	LE	0,19	0,70	5,00	3,12	0,550	0,080	VPA-7A	0,60	0,30	4,487	0,161	CONCRETO	n = 0,015
				0,23	0,90											
				0,35	0,30											
8825 + 16,00	8832 + 17,00	145,00	LE	0,17	0,70	5,00	3,12	1,828	0,030	VPA-5A-2	1,00	0,40	4,258	0,324	CONCRETO	n = 0,015
				0,16	0,90											
				4,44	0,30											
8865 + 7,00	8868 + 5,00	58,00	LE	0,02	0,70	5,00	3,12	0,730	0,050	VPA-7A	0,60	0,30	4,130	0,217	CONCRETO	n = 0,015
				0,06	0,90											
				0,76	0,30											
8868 + 17,00	8878 + 4,00	189,00	LE	0,13	0,70	5,00	3,12	0,449	0,074	VPA-7A	0,60	0,30	4,129	0,148	CONCRETO	n = 0,015
				0,02	0,90											
				0,49	0,30											
8906 + 17,00	8909 + 14,00	58,00	LE	0,02	0,70	5,00	3,12	1,009	0,040	VPA-7A	0,60	0,30	4,174	0,276	CONCRETO	n = 0,015
				0,06	0,90											
				0,28	0,30											
8910 + 18,00	8938 + 12,00	554,00	LE	0,00	0,70	5,00	3,12	1,357	0,030	VPA-5A	1,00	0,30	3,900	0,273	CONCRETO	n = 0,015
				0,59	0,90											
				6,92	0,30											
8938 + 12,00	8957 + 0,00	368,00	LE	0,00	0,70	5,00	3,12	0,797	0,030	VPA-5A	1,00	0,30	3,324	0,200	CONCRETO	n = 0,015
				0,39	0,90											
				3,93	0,30											
8959 + 7,00	8981 + 17,00	450,00	LE	0,00	0,70	5,00	3,12	2,021	0,029	VPA-5A-2	1,00	0,40	4,326	0,347	CONCRETO	n = 0,015
				0,48	0,90											
				6,40	0,30											

**PLANILHA DE CÁLCULO - VALETA DE PROTEÇÃO DE ATERRO**

ESTACA		EXTENSÃO (m)	POSIÇÃO RELATIVA	ÁREA (ha)	C	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO tc (min)	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA i (mm/min)	VAZÃO (m³/s)	DECLIVIDADE (m/m)	TIPO DE SARJETA	DIMENSÕES		DIMENSIONAMENTO		REVESTIMENTO	OBSERVAÇÕES
INICIAL	FINAL										b (m)	h (m)	VELOCIDADE (m/s)	LÂMINA (m)		
8984 + 9,00	9009 + 18,00	508,00	LE	0,00	0,70	5,00	3,12	1,363	0,010	VPA-5A-2	1,00	0,40	2,646	0,375	CONCRETO	n = 0,015
				0,54	0,90											
				7,11	0,30											
9009 + 18,00	9025 + 0,00	302,00	LE	0,00	0,70	5,00	3,12	2,300	0,010	VPA-5A-3	1,00	0,55	3,060	0,501	CONCRETO	n = 0,015
				0,32	0,90											
				5,04	0,30											

**PLANILHA DE CÁLCULO - VALETA DE PROTEÇÃO DE CORTE**

ESTACA		EXTENSÃO (m)	POSIÇÃO RELATIVA	ÁREA (ha)	C	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO tc (min)	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA i (mm/min)	VAZÃO (m³/s)	DECLIVIDADE (m/m)	TIPO DE SARJETA	DIMENSÕES		DIMENSIONAMENTO		REVESTIMENTO	OBSERVAÇÕES
INICIAL	FINAL										b (m)	h (m)	VELOCIDADE (m/s)	LÂMINA (m)		
8710 + 11,00	8715 + 14,00	105,00	LE	0,20	0,30	5,00	3,12	0,032	0,171	VPC-5A	1,00	0,30	1,805	0,017	CONCRETO	n = 0,015
326 + 18,00	8793 + 10,00	573,00	LE	7,83	0,30	5,00	3,12	1,221	0,020	VPC-5A	1,00	0,30	3,278	0,289	CONCRETO	n = 0,015
8793 + 10,00	8800 + 9,00	139,00	LE	2,01	0,30	5,00	3,12	0,313	0,022	VPC-7A	0,60	0,30	2,395	0,170	CONCRETO	n = 0,015
8832 + 16,00	8840 + 12,00	154,00	LE	3,96	0,30	5,00	3,12	1,390	0,040	VPC-5A	1,00	0,30	4,344	0,255	CONCRETO	n = 0,015
8840 + 12,00	8853 + 15,00	262,00	LE	4,95	0,30	5,00	3,12	0,773	0,028	VPC-7A	0,60	0,30	3,407	0,055	CONCRETO	n = 0,015
8853 + 15,00	8865 + 7,00	232,00	LE	2,77	0,30	5,00	3,12	0,432	0,039	VPC-7A	0,60	0,30	3,242	0,173	CONCRETO	n = 0,015
8893 + 5,00	8906 + 17,00	282,00	LE	4,32	0,30	5,00	3,12	0,674	0,046	VPC-7A	0,60	0,30	3,922	0,212	CONCRETO	n = 0,015

**PLANILHA DE CÁLCULO - MEIOS FIOS - COMPRIMENTO CRÍTICO**

ESTACA		POSIÇÃO RELATIVA	LARGURA DE PLATAFORMA (m)	C1	LARGURA DO TALUDE(m)	C2	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO tc (min)	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA i (mm/min)	DECLIVIDADE (m/m)	CONTRIBUIÇÃO UNITÁRIA (m³/s/m)	TIPO DE SARJETA	REVESTIMENTO		VELOCIDADE SEÇÃO PLENA (m/s)	VAZÃO SEÇÃO PLENA (m³/s)	EXTENSÃO CRÍTICA (m)	EXTENSÃO REAL (m)	SUFICIÊNCIA (m)
INICIAL	FINAL											n	n					
113 + 6	117 + 14	LD	7,70	0,90	3,82	0,90	5,00	3,12	0,037	0,000539	MFC-3	CONCRETO	n = 0,015	1,09	0,07	128,00	67,00	OK
117 + 14	120 + 4	LD	27,00	0,90			5,00	3,12	0,051	0,001264	MFC-3	CONCRETO	n = 0,015	1,28	0,08	64,00	41,00	OK
200 + 0	205 + 8	LD	9,50	0,90			5,00	3,12	0,049	0,000445	MFC-3	CONCRETO	n = 0,015	1,25	0,08	177,00	101,50	OK
400 + 0	401 + 15	LD	12,00	0,90			5,00	3,12	0,040	0,000562	MFC-3	CONCRETO	n = 0,015	1,13	0,07	127,00	34,00	OK
503 + 18	205 + 7	LD	2,00	0,90			5,00	3,12	0,020	0,000094	MFC-3	CONCRETO	n = 0,015	0,80	0,05	538,00	56,00	OK
505 + 7	357 + 17	LE	5,00	0,90			5,00	3,12	0,005	0,000234	MFC-3	CONCRETO	n = 0,015	0,40	0,03	108,00	54,00	OK



DISPOSITIVOS				
ESTACA		DISPOSITIVO	EXTENSÃO/ QUANTIDADE (m)	LADO
INICIAL	FINAL			
105 + 13,00		MFC-9A	10,00	LD
418 + 5,00		MFC-9A	10,00	LE
109 + 2,00	109 + 9,00	SZC-03	7,00	LD
109 + 2,00		DES-03	1,00	LD
506 + 12,00		MFC-9A	62,00	LD
506 + 17,00		MFC-9A	46,00	LD
118 + 5,00		MFC-9A	60,00	LD
202 + 13,00		MFC-9A	73,00	LD
217 + 9,00		MFC-9A	20,00	LD
306 + 3,00	361 + 6,00	MFC-03	1010,00	LD
8742 + 2,00	8717 + 8,00	DPS-6A	505,00	LD
8742 + 2,00	8717 + 8,00	DPS-6A	505,00	LE
8748 + 10,00	8748 + 19,00	TSS-05	8,00	LD
8750 + 9,00	8750 + 17,00	TSS-05	8,00	LD
8752 + 2,00	8752 + 10,00	TSS-05	8,00	LD
8757 + 17,00	8758 + 0,00	SZC-03	7,00	LD
330 + 0,00	329 + 14,00	TSS-ESP-2	7,00	LD
329 + 9,00	329 + 2,00	TSS-ESP-2	7,00	LD
328 + 12,00	328 + 6,00	TSS-ESP-2	7,00	LD
327 + 16,00	327 + 9,00	TSS-ESP-2	7,00	LD
322 + 18,00	322 + 11,00	TSS-ESP-1	7,00	LD
321 + 2,00	320 + 15,00	TSS-ESP-1	7,00	LD
310 + 7,00	310 + 1,00	TSS-ESP-1	7,00	LD
309 + 0,00	308 + 14,00	TSS-ESP-1	7,00	LD
306 + 7,00	305 + 17,00	TSS-ESP-1	10,00	LD
303 + 4,00		MFC-9A	10,00	LE
301 + 4,00	8818 + 0,00	DPS-6A	550,00	LE
8800 + 9,00		DES-05	1,00	LE
8814 + 10,00	8814 + 13,00	SZC-03	5,00	LE
8818 + 0,00		BSD-02	1,00	LE
8832 + 17,00	8833 + 2,00	SZC-03	5,00	LE
8844 + 0,00	8844 + 13,00	TSS-05	13,00	LE
8844 + 6,00	8844 + 13,00	TSS-ESP-1	7,00	LE
8857 + 3,00	8857 + 16,00	TSS-05	13,00	LE
8857 + 9,00	8857 + 16,00	TSS-05	7,00	LE
8865 + 4,00	8865 + 7,00	SZC-03	5,00	LE
8878 + 4,00	8878 + 10,00	SZC-03	6,00	LE
8881 + 3,00	8881 + 18,00	TSS-05	15,00	LE
8892 + 14,00	8893 + 9,00	TSS-05	15,00	LE
8901 + 0,00		MFC-9A	113,00	LE
8901 + 9,00		MFC-9A	21,00	CENTRAL

DISPOSITIVOS				
ESTACA		DISPOSITIVO	EXTENSÃO/ QUANTIDADE (m)	LADO
INICIAL	FINAL			
8901 + 9,00	8903 + 3,00	TSS-05	35,00	LE
8903 + 11,00		MFC-9A	24,00	CENTRAL
8906 + 13,00	8906 + 16,00	SZC-03	3,00	LE
8906 + 16,00	8907 + 3,00	TSS-05	7,00	LE
8912 + 17,00	8913 + 4,00	TSS-ESP-1	7,00	LE
9016 + 11,00		MFC-9A	21,00	CENTRAL
9021 + 2,00		MFC-9A	21,00	CENTRAL
9036 + 5,00		DES-06	1,00	LE

**CANAL 01**

**DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO**

i (m/m)	v (m/s)	Área Molhada (m <sup>2</sup> )	Perímetro Molhado (m)	Manning (n)
0,0200	3,97	0,55	2,01	0,015
	Regime de Escoamento	Q real (m <sup>3</sup> /s)	Q requerida (m <sup>3</sup> /s)	
	SUBCRÍTICO	2,18	1,92	

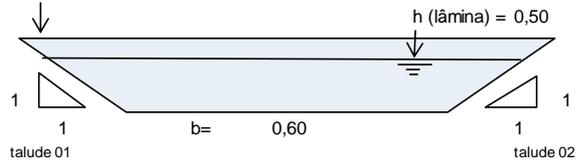
**DADOS DE CONTRIBUIÇÃO**

Localização	8699+0,00	8713+13,00
Tempo de Recorrência	10	(Anos)
Bacia de Contribuição	Bueiro EST. 8717+8,00 + Pista exist.+ Pista Proj.	

**DADOS DO CANAL**

Extensão: 298,00

Free Board = 0,10



Revestimento talude 01: CONCRETO  
 Revestimento talude 02: CONCRETO  
 Revestimento base: CONCRETO

*\*obs: dimensões em metros*



REDE COLETORA

TRECHO	ESTACA		DISPOSITIVO TIPO		COTA DA REDE		(L) (m)	(S) (%)	ÁREA (ha)		tc (minutos)	F (anos)	i (mm/min)	i (mm/min) real	C (run off)	Q (m3/s) (prevista)	D (m) (diâmetro)	S (%) (corrigida)	V (m/s) (velocidade)	Q (m3/s) (calculada)
	(montante)	(jusante)	(montante)	(jusante)	(montante)	(jusante)			(trecho)	(acumulada)										
1	361+6,11	359+15,25	BLS	BLS	348,750	348,469	28,10	1,000	0,82	0,82	10,00	10	2,70	2,70	0,5	0,186	0,6	1,000	1,88	<b>0,53</b>
2	359+15,25	358+5,80	BLS	BLS	348,459	348,220	23,92	1,000	0,00	0,82	10,25	10	2,68	2,68	0,5	0,185	0,6	1,000	1,88	<b>0,53</b>
3	358+5,80	355+7,02	BLS	BLS	348,209	347,643	56,81	1,000	0,00	0,82	10,46	10	2,67	2,67	0,5	0,184	0,6	1,000	1,88	<b>0,53</b>
4	355+7,02	352+17,03	BLS	BLS	347,629	347,141	48,90	1,000	0,86	1,69	10,96	10	2,63	2,63	0,46	0,340	0,6	1,000	1,88	<b>0,53</b>
5	352+17,03	350+20,00	BLS	BLS	347,130	346,592	35,93	1,500	1,18	2,86	11,40	10	2,60	2,60	0,46	0,572	0,6	1,500	2,31	<b>0,65</b>
6	350+20,00	350+2,46	BLS	BLS	346,573	346,261	16,44	1,900	0,00	2,86	11,66	10	2,59	2,59	0,46	0,568	0,6	1,900	2,59	<b>0,73</b>
7	350+2,46	347+13,24	BLS	BLS	346,240	344,892	48,12	2,800	1,59	4,46	11,76	10	2,58	2,58	0,46	0,882	0,6	2,800	3,15	<b>0,89</b>
8	347+13,24	345+3,24	BLS	BLS	344,862	342,662	48,90	4,500	0,00	4,46	12,02	10	2,56	2,56	0,46	0,876	0,6	4,500	3,99	<b>1,13</b>
9	345+3,24	342+13,24	BLS	BLS	342,612	340,412	48,90	4,500	0,00	4,46	12,22	10	2,55	2,55	0,46	0,872	0,6	4,500	3,99	<b>1,13</b>
10	342+13,24	340+14,00	BLS	BLS	340,363	338,646	38,14	4,500	0,00	4,46	12,43	10	2,54	2,54	0,46	0,868	0,6	4,500	3,99	<b>1,13</b>
11	340+14,00	339+18,06	BLS	BLS	338,587	338,067	14,84	3,500	0,00	4,46	12,58	10	2,53	2,53	0,46	0,864	0,6	3,500	3,52	<b>1,00</b>
12	339+18,06	337+18,83	BLS	BLS	338,028	336,694	38,13	3,500	0,16	4,62	12,65	10	2,52	2,53	0,46	0,894	0,6	3,500	3,52	<b>1,00</b>
13	337+18,83	337+6,26	BLS	BLS	336,452	336,280	11,48	1,500	0,00	4,62	12,84	10	2,51	2,52	0,46	0,890	0,8	1,500	2,79	<b>1,40</b>
14	337+6,26	335+1,44	BLS	BLS	336,263	335,607	43,71	1,500	0,05	4,67	12,90	10	2,51	2,51	0,46	0,898	0,8	1,500	2,79	<b>1,40</b>
15	335+1,44	334+0,00	BLS		335,590	335,250	22,65	1,500	0,00	4,67	13,16	10	2,49	2,50	0,46	0,893	0,8	1,500	2,79	<b>1,40</b>



BUEIROS DE GREIDE									VERIFICAÇÃO HIDRÁULICA DOS BUEIROS							VERIFICAÇÃO ORIFÍCIO	
LOCALIZAÇÃO	VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	DISPOSITIVO PROJETADO							DECLIVIDADE (%)	VAZÃO CRÍTICA	VAZÃO DE PROJETO	VELOCIDADE (m/s)	LAMINA D'ÁGUA (m)	LAMINA CRÍTICA (m)	REGIME DE ESCOAMENTO	Hw -CARGA HIDRÁULICA (m)	SUFICIÊNCIA
		TIPO	nº células	Tubular/ Celular	Dimensão (Bxh ou $\phi$ )		AUXILIAR	TIPO									
8717+7,55	0,55	BSTC	1,00	$\phi$	0,80	0,80	T	BSTC $\phi$ 0,8	1,00	0,88	0,55	2,25	0,39	0,52	SUPERCRÍTICO	0,15	OK
8717+7,55	1,18	BSTC	1,00	$\phi$	1,00	1,00	T	BSTC $\phi$ 1	1,00	1,53	1,18	2,73	0,54	0,64	SUPERCRÍTICO	0,29	OK
8717+7,55	1,75	BSTC	1,00	$\phi$	1,20	1,20	T	BSTC $\phi$ 1,2	1,00	2,42	1,75	3,01	0,61	0,75	SUPERCRÍTICO	0,31	OK
8761+8,80	0,96	BSTC	1,00	$\phi$	1,00	1,00	T	BSTC $\phi$ 1	1,00	1,53	0,96	2,59	0,48	0,64	SUPERCRÍTICO	0,19	OK
8761+8,80	1,31	BSTC	1,00	$\phi$	1,00	1,00	T	BSTC $\phi$ 1	1,00	1,53	1,31	2,80	0,58	0,64	SUPERCRÍTICO	0,36	OK
8829+0,94	0,54	BSTC	1,00	$\phi$	0,80	0,80	T	BSTC $\phi$ 0,8	1,00	0,88	0,54	2,25	0,39	0,52	SUPERCRÍTICO	0,15	OK
8868+0,00	0,48	BSTC	1,00	$\phi$	0,80	0,80	T	BSTC $\phi$ 0,8	1,00	0,88	0,48	2,18	0,36	0,52	SUPERCRÍTICO	0,12	OK
8901+9,19	0,10	BSTC	1,00	$\phi$	0,80	0,80	T	BSTC $\phi$ 0,8	1,00	0,88	0,10	1,38	0,16	0,52	SUPERCRÍTICO	0,00	OK
8912+15,00	0,34	BSTC	1,00	$\phi$	0,80	0,80	T	BSTC $\phi$ 0,8	1,00	0,88	0,34	1,99	0,30	0,52	SUPERCRÍTICO	0,06	OK
8981+16,94	2,02	BSTC	1,00	$\phi$	1,20	1,20	T	BSTC $\phi$ 1,2	1,00	2,42	2,02	3,12	0,67	0,75	SUPERCRÍTICO	0,41	OK
8981+16,94	2,40	BSTC	1,00	$\phi$	1,20	1,20	T	BSTC $\phi$ 1,2	1,00	2,42	2,40	3,24	0,75	0,75	SUPERCRÍTICO	0,58	OK
9016+0,43	0,26	BSTC	1,00	$\phi$	0,60	0,60	T	BSTC $\phi$ 0,6	1,00	0,43	0,26	1,88	0,30	0,41	SUPERCRÍTICO	0,11	OK

**ESTUDOS HIDROLÓGICOS - VAZÕES DE CONTRIBUIÇÃO**

LOCALIZAÇÃO EST	LADO DE MONTANTE	ÁREA (ha)	BACIA Nº	L (m)	H (m)	I (m/km)	leq (m/km)	tc real (min)	tc (min)	i (mm/min)			C	VAZÃO (m³/s)			MÉTODO DE CÁLCULO
										T=15 anos	T=25 anos	T=50 anos		T=15 anos	T=25 anos	T=50 anos	
8825+18,88	ESQUERDO	329,71	2E	2145,27	62,00	28,90	28,90	28,10	28,10	1,96	2,11	2,33	0,30	32,27	34,75	38,43	Racional
8868+12,68	ESQUERDO	111,32	3E	1172,37	50,00	42,65	42,65	15,19	15,19	2,52	2,71	3,00	0,30	14,03	15,11	16,71	Racional
8910+4,34	ESQUERDO	59,57	4E	783,61	64,00	81,67	81,67	8,67	10,00	2,86	3,08	3,41	0,35	9,95	10,72	11,85	Racional

**VERIFICAÇÃO HIDRÁULICA COMO CANAL****VERIFICAÇÃO HIDRÁULICA COMO ORIFÍCIO**

LOCALIZAÇÃO EST	DISPOSITIVO PROJETADO	DECLIVIDADE (%)	DECLIVIDADE CRÍTICA (%)	VAZÃO CRÍTICA	VELOCIDADE (m/s)	VELOCIDADE CRÍTICA (m/s)	LAMINA D'ÁGUA (m)	LAMINA CRÍTICA (m)	REGIME DE ESCOAMENTO	VERIFICAÇÃO HIDRÁULICA COMO ORIFÍCIO					
										h-CARGA HIDRÁULICA (m)	VELOCIDADE ORIFÍCIO (m/s)	h/D	SUFICIÊNCIA HIDRÁULICA	ALTURA DO ATERRO EXISTENTE (m)	SUFICIÊNCIA DO ATERRO
8825+18,88	BDCC	0,65	0,57	33,70	4,27	4,04	1,63	1,67	SUPERCRÍTICO	1,21	3,07	0,48	OK	12,00	OK
8868+12,68	BSCC	0,81	0,57	16,85	4,49	4,04	1,35	1,67	SUPERCRÍTICO	0,92	2,68	0,37	OK	5,10	OK
8910+4,34	BSCC	1,50	0,57	16,85	5,14	4,04	0,83	1,67	SUPERCRÍTICO	0,46	1,89	0,18	OK	5,00	OK

## 4.13 PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

O projeto de pavimentação foi desenvolvido com apoio nas seguintes informações obtidas ao longo do desenvolvimento do presente projeto executivo de duplicação:

- Parâmetros de tráfego;
- Características geotécnicas dos materiais ocorrentes no subleito e ocorrências de materiais selecionadas ao longo dos trechos;
- Disponibilidade de materiais locais com potencialidade para a composição de camadas estruturais de base e sub-base;
- Disponibilidade de agregados para a composição das misturas asfálticas;
- Disponibilidade de ligantes para a formação de pinturas asfálticas e das misturas asfálticas; e
- Características geométricas projetadas para a nova pista e para as interseções, retornos e marginais previstas.

Com base nestas informações, definiu-se a concepção estrutural para os pavimentos, efetuando-se o seu dimensionamento e detalhamento do projeto em todos os seus principais aspectos, conforme se descreve em continuação.

### 4.14 Parâmetros de tráfego dos Trechos

Os parâmetros de tráfego determinados segundo os fatores de equivalência USACE e AASHTO foram calculados conforme os procedimentos descritos nos Estudos de Tráfego. O período de projeto considerado é igual à 10 (dez) anos, sendo os valores destinados ao dimensionamento do pavimento da nova pista da duplicação, interseções e retornos, bem como para o acostamento e marginais apresentados na tabela a saber:

Tabela 33: Resumo Número “N” por tipo de melhoria

LOCAIS	TRECHO 1B	
	N AASHTO	N USACE
LINHA GERAL	2,16E+07	8,21E+07
ACOSTAMENTO	1,08E+06	4,10E+06

---

MARGINAIIS	1,08E+06	4,10E+06
INTERSEÇÕES/RETORNOS	1,49E+07	5,66E+07

#### 4.14.1 Estudos dos subleitos

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.

Esse terreno de fundação também 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 entre o Índice de Suporte Califórnia (CBR ou ISC) e o coeficiente de recalque (k). Portanto, os materiais do subleito devem apresentar uma expansão, medida no ensaio de CBR, menor ou igual a 2% e um CBR maior ou igual a 2%.

Para efeitos de dimensionamento de pavimento pela metodologia DNIT o CBR do subleito é igual a 12%.

#### 4.14.2 Dimensionamento dos Pavimentos

O dimensionamento das estruturas propostas foi executado através do emprego do método empírico de dimensionamento de pavimentos flexíveis oficializado pelo DNIT (Manual de Pavimentação, 2006) e da aplicação da verificação mecanística.

O Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis, desenvolvido em 1966 pelo extinto DNER, consiste em uma abordagem empírica com base em dois parâmetros de entrada: o Índice de Suporte Califórnia (CBR) e o volume de tráfego, representado pelo número equivalente de eixos padrão durante o período de projeto (Número N). Este método foi concebido para garantir a proteção do subleito e pode ser considerado a favor da segurança em termos de acúmulo de deformações permanentes.

A fragilidade do método em questão consiste nas espessuras mínimas recomendadas para o revestimento asfáltico apenas em função do Número N, sem levar em consideração aspectos do material constituinte do revestimento e a sua interação com as demais camadas. Portanto, a metodologia empregada atualmente em projetos brasileiros seguindo a norma em vigor desconsidera as deformações elásticas que podem levar o pavimento a rupturas precoces por efeito da fadiga do revestimento asfáltico.

Para a verificação mecânica 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.

#### **4.14.2.1 Critérios de Resiliência Adotados**

Para a análise mecânica foram utilizadas as equações (modelos) e critérios vigentes para o dimensionamento de pavimentos, relacionadas a seguir.

1º Critério – Deslocamento Vertical Recuperável Máximo na Superfície do Pavimento

2º Critério - Deformação específica de tração na camada betuminosa do revestimento asfáltico

3º Critério - Deformações específicas de compressão no subleito

4º Critério – Solo Cimento (Base e Sub-base)

#### **4.14.2.2 Quadros Resumos dos Dimensionamentos**

Na sequência são apresentados os quadros resumos dos dimensionamentos resultantes, respectivamente para a Linha geral (nova pista da duplicação), acostamento, marginais, interseções e retornos.

MATERIAL		MÓDULO (kgf/cm <sup>2</sup> )	POISSON	ESPESSURA (cm)	Parâmetro	Número N	Modelo	Valor Admissível	Unidade	Valor Atuante	Resultado da Análise
	CBUQ c/ Borracha	40000	0,30	2,5	D	USACE 8,21E+07	DNER - PRO 269/94	22,86	x 10 <sup>-2</sup> mm	21,2	Verifica
	CBUQ Convencional	40000	0,30	5	ε <sub>t</sub>	AAASHTO 2,16E+07	Asphalt Institute	1,31E-04	cm/cm	8,16E-06	Verifica
	TSD	35000	0,35	2	ε <sub>t</sub>	AAASHTO 8,21E+07	Asphalt Institute	1,31E-04	cm/cm	4,28E-06	Verifica
	Solo-cimento	50000	0,20	19	σ <sub>t</sub>	USACE 2,16E+07	Ceratti, 1991	0,750	kgf.cm <sup>-2</sup> /kgf.cm <sup>-2</sup>	0,222	Verifica
	CBUQ Convencional	40000	0,30	5	D	USACE 4,10E+06	DNER - PRO 269/94	80,31	x 10 <sup>-2</sup> mm	47,19	Verifica
	TSD	35000	0,35	2	ε <sub>t</sub>	AAASHTO 1,08E+06	Asphalt Institute	3,25E-04	cm/cm	1,07E-04	Verifica
	Solo Arenoso Fino	2500	0,35	19	-	-	-	-	-	-	-
	Solo Arenoso Fino	2000	0,40	19	-	-	-	-	-	-	-
	Subleito	1200	0,45	∞	ε <sub>v</sub>	USACE 4,10E+06	Dormon & Metcalf, 1965	4,73E-04	cm/cm	3,47E-04	Verifica
	CBUQ Convencional	40000	0,30	5	D	USACE 4,10E+06	DNER - PRO 269/94	80,31	x 10 <sup>-2</sup> mm	52,45	Verifica
	Solo Arenoso Fino	2500	0,35	19	-	-	-	-	-	-	-
	Solo Arenoso Fino	2000	0,40	19	-	-	-	-	-	-	-
	Subleito	1200	0,45	∞	ε <sub>v</sub>	USACE 4,10E+06	Dormon & Metcalf, 1965	4,73E-04	cm/cm	3,89E-04	Verifica
	CBUQ c/ Borracha	40000	0,30	2,5	D	USACE 5,66E+07	DNER - PRO 269/94	24,52	x 10 <sup>-2</sup> mm	21,42	Verifica
	CBUQ Convencional	40000	0,30	4	ε <sub>t</sub>	AAASHTO 1,49E+07	Asphalt Institute	1,47E-04	cm/cm	5,15E-06	Verifica
	TSD	35000	0,35	2	ε <sub>t</sub>	AAASHTO 1,49E+07	Asphalt Institute	1,47E-04	cm/cm	2,88E-06	Verifica
	Solo-cimento	50000	0,20	19	σ <sub>t</sub>	USACE 5,66E+07	Ceratti, 1991	0,754	kgf.cm <sup>-2</sup> /kgf.cm <sup>-2</sup>	0,222	Verifica
	Solo-cimento	35000	0,25	19	σ <sub>t</sub>	USACE 5,66E+07	Ceratti, 1991	0,754	kgf.cm <sup>-2</sup> /kgf.cm <sup>-2</sup>	0,578	Verifica
	Subleito	1200	0,45	∞	ε <sub>v</sub>	USACE 5,66E+07	Dormon & Metcalf, 1965	2,72E-04	cm/cm	8,39E-05	Verifica

No projeto foi considerado a execução de limpa-rodas para a pavimentação dos acessos rurais. A execução do limpa-rodas tem como principal função evitar que veículos carreguem o solo proveniente de acessos rurais para a pista de rolamento, os serviços considerados foram:

- Regularização e execução de camada de Base com solo arenoso fino na espessura igual a 20 cm;
- Imprimação da Base;
- Pintura de ligação; e
- Execução de TSD (tratamento superficial duplo).

## **4.15 PROJETO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS**

### **Passagem superior localizada na estaca 8731 da rodovia PR323**

Com esconsidade de 65,4° possui um comprimento total de 30,50m e sua largura, de 13,50m, permite a incorporação de duas pistas de rolagem com respectivos acostamentos além das barreiras de proteção.

A superestrutura do viaduto, do tipo grelha plana, tem como estrutura principal cinco longarinas pré-moldadas em concreto protendido, as quais serão solidarizadas na obra através da concretagem “in loco” de transversinas e lajes do tabuleiro. Para a execução das lajes usar-se-ão pré-lajes pré-moldadas, apoiadas sobre as longarinas, eliminando-se a necessidade de formas. Nas extremidades da obra estão previstas juntas de dilatação do tipo Jeene.

Devido as cotas do terreno natural estarem no nível da superestrutura optou-se pela utilização de cortinas de contenções nas extremidades da obra. Estas contenções, que servirão também de apoio para a superestrutura, são constituídas pela associação de estacas  $\phi 600\text{mm}$ , placas de concreto para vedação e vigas de coroamento atirantadas no terreno natural. Com essa solução, considerando o gabarito vertical da rodovia, conseguiu-se uma redução de aproximadamente 10m na obra, além de deixa-la mais esbelta e reduzir seu custo/m<sup>2</sup>.

Nos acessos da obra foram previstas placas de aproximação para evitar possíveis recalques diferenciais entre o aterro e a estrutura, evitando-se possíveis desconfortos para os usuários.

- Classe da obra: trem tipo Classe 45 da NBR7188.
- Classe de agressividade ambiental II NBR6118/2014.
- Cobrimento da armação: vigas = 30mm  
lajes = 25mm  
estacas = 70mm
- Concreto estrutural: superestrutura fck = 30Mpa  
Contenção fck = 25Mpa
- Aço: CA-50 / CP190-RB  $\phi$  12,7mm / DYWIDAGST85/105

## 4.16 PROJETO DE SINALIZAÇÃO E DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA

Os projetos de sinalização viária e dispositivos de segurança foram desenvolvidos com a finalidade de garantir segurança e prestar as necessárias informações aos usuários da rodovia.

Este projeto é composto por sinalização horizontal, sinalização vertical, dispositivos auxiliares e dispositivos de segurança, tais como barreiras de concreto e defensas metálicas. Para a sua execução foram consideradas as recomendações contidas nos seguintes documentos:

- Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito - Vol. I – CONTRAN, 2007;
- Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito - Vol. II – CONTRAN, 2007;
- Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito - Vol. III – CONTRAN, 2014;
- Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito - Vol. IV – CONTRAN, 2007.

A rodovia PR-323, em todo trecho em projeto, desenvolve-se em região de relevo ondulado, caracterizada como classe I-A, pista duplicada e velocidade diretriz de 80 km/h, características que subsidiaram o dimensionamento dos elementos contemplados neste projeto.

#### **4.16.1 Sinalização Horizontal**

A sinalização horizontal tem como finalidade principal, orientar o motorista dentro de critérios pré-estabelecidos por normas, transmitindo informações ou advertências aos usuários, sem que estes desviem sua atenção da rodovia, aumentando a segurança do tráfego. Este tipo de sinalização é composto por pinturas de faixas contínuas e faixas seccionadas, no pavimento, associada à pintura de símbolos no mesmo.

##### **Classificação:**

A sinalização horizontal é classificada em quatro grandes grupos:

- a) Marcas longitudinais: formam um conjunto de linhas longitudinais à pista, que estabelecem as regas de ultrapassagem e dos deslocamentos laterais dos veículos, tendo as marcas contínuas poder de regulamentação, enquanto as seccionadas, apenas ordenam os movimentos veiculares.
- b) Marcas de canalização: possuem a característica de transmitir ao condutor uma mensagem de fácil entendimento em situações que exijam uma reorganização de seu caminhamento natural. Basicamente, orienta o fluxo de tráfego em situações específicas como interseções, variação de larguras, obstáculos na pista, etc.
- c) Marcas transversais: ordenam os deslocamentos frontais dos veículos, compatibilizando-os com os cruzamentos de outros veículos e dos pedestres.

Inscrições no pavimento: atuam aumentando o grau de percepção dos usuários para as condições de operação da rodovia, possibilitando a tomada de decisão adequada, no tempo apropriado. São compostas por setas direcionais, símbolos e legendas.

##### **Materiais Especificados**

Segundo a Instrução de Plano de Trabalho para Implantação de Sinalização Rodoviária do DNIT, a especificação do material da sinalização horizontal decorre da faixa de VDM em que a rodovia se encontra.

Desse modo, temos para faixa de VDM da rodovia (até 5.000 veículos unidirecional) foi escolhida a utilização de tinta à base de resina acrílica emulsionada em água, com espessura de 0,5 mm, excetuando as inscrições no pavimento que serão realizadas em termoplástico pré-formado, com espessura de 1,0 mm.

#### **4.16.2 Sinalização Vertical**

A sinalização vertical é um subsistema da sinalização viária, que se utiliza de sinais situados na posição vertical, implantados à margem da via ou suspensos sobre ela, transmitindo mensagens mediante símbolos e/ou legendas preestabelecidas e legalmente instituídas. Seu emprego tem por finalidade fornecer informações que permitam aos usuários da rodovia adotar comportamentos adequados, de modo a aumentar a segurança, ordenar os fluxos de tráfego e orientar os condutores.

Classificação segundo sua função:

- Regular as obrigações, limitações, proibições ou restrições que governam o uso da via;
- Advertir os condutores sobre condições com potencial risco existentes na via ou nas suas proximidades, tais como escolas e passagens de pedestres;
- Indicar direções, localizações, pontos de interesse turístico ou de serviços e transmitir mensagens educativas, dentre outras, de maneira a ajudar o condutor em seu deslocamento.

Os sinais devem estar corretamente posicionados dentro do campo visual do usuário, ter forma e cores padronizadas, símbolos e mensagens simples e claras, além de letras com tamanho e espaçamento adequados à velocidade de percurso, de modo a facilitar sua percepção, assegurando uma boa legibilidade e, por consequência, uma rápida compreensão de suas mensagens por parte dos usuários. Suas cores devem ser mantidas inalteradas tanto de dia quanto à noite, mediante iluminação ou refletorização.

Para todos os sinais posicionados lateralmente à via deve-se garantir uma pequena deflexão horizontal, entre 3° e 5° (três e cinco graus), em relação à direção ortogonal ao trajeto dos veículos que se aproximam, de forma a evitar reflexos provocados pela incidência de faróis de veículos ou de raios solares sobre a placa. Adicionalmente, os sinais devem ser inclinados em relação à vertical, em trechos de rampa, para frente ou para trás conforme a rampa seja ascendente ou descendente, de forma assim melhorar também a refletividade. De maneira análoga os sinais suspensos também devem ser defletidos formando um ângulo com a vertical entre 3° e 5° (três e cinco graus).

Ainda quando ao posicionamento na via, todas as placas devem distar, a partir do bordo voltado para a rodovia, 1,20 m do bordo externo do acostamento, ou pista, quando este não existir. Devem também ser elevadas, a partir do inferior da placa, 1,20 m da superfície da pista de rolamento, para placas de solo, sendo a exceção os marcos quilométricos, que devem ser elevados em 0,50 m. Já para as placas suspensas, o gabarito mínimo, medido do bordo inferior ao plano do pavimento rodoviário, deve ser 5,50 m.

A escolha dos materiais para confecção do substrato da sinalização vertical deu-se em função do local de fixação da placa, sendo utilizado chapa de alumínio composto para placas terrestres e chapa de alumínio com 2 mm de espessura para placas aéreas. Já para os suportes dos sinais, utilizou-se critério semelhante, uma vez que as placas com área inferior a 4,25 m<sup>2</sup> foram projetadas com suporte de madeira e placas com área superior, utilizou-se perfil metálico, adequado a resistência e ao comprimento.

Aliada às características já citadas, tem-se a especificação dos materiais das placas, visando garantir à correta transmissão das mensagens da sinalização vertical perenemente, principalmente no tocante a manutenção de cores, segundo a na norma ABNT NBR 14644:2013 — Sinalização vertical viária – Películas – Requisitos.

A diferenciação visual entre sinais de diferentes finalidades é efetuada a partir de padronização própria de forma e cores, associadas ao tipo de mensagem que pretende transmitir, favorecendo o tempo de reação por parte do usuário, permitindo assim melhor leitura à complexidade da operação da via. De acordo com as suas funções, os sinais verticais são reunidos em quatro grupos:

- a) Sinais de regulamentação: contem mensagens imperativas, cujo desrespeito constitui infração;
- b) Sinais de advertência: contem mensagens cuja finalidade é alertar os usuários para condições adversas ou situações inesperadas na via;
- c) Sinais de indicação: contem mensagens cuja finalidade é identificar, orientar, posicionar, indicar e educar os usuários, facilitando o seu deslocamento;
- d) Dispositivos auxiliares: indicam a presença de obstáculos e orientam o fluxo de tráfego.

Ressalta-se que qualquer dispositivo de sinalização sem a devida conservação e manutenção perde sua eficácia, podendo induzir ao desrespeito, daí a necessidade de serem mantidas condições que assegurem que a vegetação, placas publicitárias e outros materiais que por ventura sejam depositados ao longo da via, não prejudiquem a visualização da sinalização projetada.

### **4.16.3 Dispositivos Auxiliares**

Dispositivos auxiliares são elementos colocados junto à via, como reforço da sinalização convencional, com finalidade de alertar os motoristas sobre situações adversas ou de referência para o seu posicionamento na pista. Dentre os mais utilizados podemos citar: tachas, tachões, marcadores de perigo, marcadores de alinhamento, e balizadores.

Tachas são pequenos prismas com elementos refletivos dispostos no pavimento a fim de proporcionar reforço noturno para sinalização horizontal. Acompanham todas as linhas longitudinais e de canalização, sendo preferencialmente fixadas em segmentos não pintados, protegendo o dispositivo durante uma nova pintura. As tachas podem ser bidirecionais, quando implantadas em vias de sentido duplo, ou monodirecionais, quando em sentido único, porém sempre apropriando a cor da linha a qual estão associadas. Assim, as tachas bidirecionais recebem elementos refletivos de acordo com seu emprego, refletivos amarelos em ambos os lados para as tachas associadas à sinalização amarela (proibição) e refletivo branco num lado e vermelho no outro, para as tachas associadas a marcações brancas. Para as monodirecionais, há somente o emprego de refletivo branco em um dos lados da tacha. No projeto, devido à

duplicação, foram previstas majoritariamente tachas monodirecionais brancas do tipo III, restringindo o emprego de tachas bidirecionais, tanto brancas quanto amarelas, para os dispositivos e marginais de sentido duplo. Deste modo, especificou-se tachas para o eixo da rodovia, a cada 12 m, visando coincidir com os segmentos não-pintados das faixas, tachas para os bordos, com cadência de 16 m e tachas para o interior das canalizações de acordo com a cor empregada nos zebrados (amarela ou branca).

Os tachões são dispositivos de emprego semelhante as tachas, contudo por terem dimensões maiores, são utilizados somente em vias locais de baixa velocidade para impedir deslocamentos laterais. Devido as suas características, não foram projetados tachões para a PR-323.

Os marcadores de perigo são utilizados para alertar os motoristas sobre a existência de obstáculos físicos fora da pista da rodovia, deste modo foram previstos nos narizes das ilhas nas interseções.

Os balizadores e os marcadores de alinhamento são dispositivos auxiliares de percurso, posicionados lateralmente à via, em série, de forma a indicar aos usuários o alinhamento da borda da via, principalmente em situações envolvendo risco de acidentes e são particularmente importantes em trajetos noturnos ou com visibilidade prejudicada devido a condições adversas de tempo. Marcadores de alinhamento são aplicados nas curvas acentuadas (sempre do lado externo da curva) e, ainda, em pontos localizados onde o alinhamento pode ser considerado confuso. Nos segmentos de curva, a distância entre marcadores consecutivos é dada pela expressão:  $d = \sqrt{R}$ , onde: R= raio da curva.

De acordo com as características geométricas da rodovia não foi necessário projetar novos marcadores de alinhamento.

#### **4.16.4 Dispositivos de Segurança**

Os dispositivos de segurança compreendem elementos colocados de forma permanente ao longo da via, interseções, ramos e acessos, de modo a proteger os usuários e minimizar danos. Os sistemas de contenção têm por objetivo evitar colisão frontal contra outro veículo (após travessia de canteiro central), quedas em grandes

desníveis e choque contra elementos fixos (como pilares das obras de arte especiais, postes de iluminação e árvores).

Para a PR-323 procurou-se seguir o padrão atual da rodovia, projetando somente defensas metálicas como dispositivos de contenção, exceto onde a largura do canteiro central é inferior a zona livre indicada (8,50 m), projetando-se barreira dupla de concreto.

Desse modo, foram projetados dispositivos de segurança seguindo os requisitos da ABNT NBR 15.486, destacando-se as defensas metálicas para aterros com altura superior a 1,00 m, proteção de obstáculos fixos (pórticos, postes, etc.), encontros com as OAEs e demais locais que ofereçam riscos aos condutores.

### **Defensa Metálica**

Sistema de segurança contínuo, constituído por perfis metálicos implantados ao longo das vias com circulação de veículos, projetado na forma, resistência e dimensões, para conter e redirecionar os veículos desgovernados, absorvendo parte da energia cinética do veículo, pela deformação do dispositivo.

As defensas metálicas devem ter os postes cravados no solo através de abertura de buracos com posterior enchimento de concreto. Suas extremidades devem ser dotadas de ancoragem, propiciando adequada fixação ao sistema.

### **Barreira de Concreto**

Dispositivo de segurança, rígido e contínuo, destinado a ser implantado ao longo das vias, com forma e dimensões adequadas que, ao ser colidido por veículos desgovernados, reconduza os mesmos à pista com desacelerações suportáveis para os usuários, minimizando também os danos possíveis aos veículos e ao próprio dispositivo.

Destaca-se que as barreiras simples de concreto, tipo New Jersey, estão presentes nas pontes e viadutos, mas não foram projetados novos dispositivos, apenas barreiras duplas no canteiro central para divisão de fluxos.

### **Transição Tripla Onda**

A alternância de elementos de contenção com rigidezes diferentes deve ser realizada de modo gradual, visando não transmitir uma mudança brusca ao condutor. Portanto, nos locais onde há mudança de um sistema de contenção de menor rigidez, defesa metálica, para um sistema de contenção de maior rigidez, barreira de concreto, foi projetado a utilização de transição tripla onda, com extensão de 10,00 m.

### **Terminal**

Os terminais são subsistemas das contenções laterais com dupla função: ancorar o dispositivo de segurança e propiciar atenuação contra impactos frontais ao sistema. Devido a essas características, os terminais estão presentes em ambas as extremidades dos dispositivos de contenção, devendo ser dotados de amortecimento na face voltada contra o fluxo de veículos, sempre que a velocidade for superior ou igual a 60 km/h. Portanto, foram projetados os seguintes tipos:

- Terminal absorvedor de energia: para velocidade de 80 km/h, fixação simples (12,00 m).
- Terminal abatido: lâminas de defesa metálica cravadas no solo para promover ancoragem ao final do dispositivo (16,00 m);

## **4.17 PROJETO DE PAISAGISMO E OBRAS COMPLEMENTARES**

O projeto de paisagismo e obras complementares compreende o revestimento vegetal dos taludes e áreas remanescentes da obra, e a implantação de calçadas com dispositivos de acessibilidade onde necessários e cercas.

### **4.17.1 Revestimento Vegetal**

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.

Para o projeto de duplicação da PR-323 - km 174+200 ao km 180+500, foi considerado o serviço de revestimento vegetal pelo processo da 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 do 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.

#### **4.17.2 Calçadas em Concreto**

No dispositivo 4 – Interseção km 174+600 e sua via marginal foram projetadas calçadas em concreto. As calçadas terão largura de 1,50 ou 2,00 metros, podendo variar em alguns locais. A calçada constitui-se de lastro de brita com espessura de 10 cm e calçada em concreto  $f_{ck}=20\text{Mpa}$  com espessura de 8 cm. Essa espessura já garante o tráfego de veículos leves para o acesso as propriedades. A declividade transversal deverá ser de 2%.

Para o acesso de veículos as propriedades, deverá ser implantado nos locais indicados no projeto o meio-fio tipo 8, com altura de 4 cm, e na extensão desse meio-fio, a calçada será executada em rampa em largura de 80 cm com aproximadamente 18%, mantendo-se 1,20 metros da calçada em nível para o tráfego de pedestres.

#### **4.17.3 Rampas de Acessibilidade**

De forma a atender o Decreto Federal nº 5,296, que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e a Norma ABNT 9050 (acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos), foram indicadas em projetos a implantação de rampas de acessibilidade ou rebaixamento das calçadas.

As rampas de acessibilidade devem atender ao especificado na norma ABNT 9050. As principais características são:

- Inclinação constante e não superior a 8,33% (1:12) no sentido longitudinal da rampa central e na rampa das abas laterais;

- Largura mínima do rebaixamento de 1,50m;
- A rampa não pode diminuir a faixa livre de circulação de no mínimo 1,20m;
- A largura da rampa central dos rebaixamentos deve ser de no mínimo 1,50m; e
- Não pode haver desnível entre o término do rebaixamento da calçada e o leito carroçável.

A implantação das rampas ou rebaixamento está indicada nas esquinas e locais com travessia de pedestres do projeto da interseção km 174+600 (dispositivo 4) e sua marginal. A indicação é aproximada, e sua execução no local deve ser feita seguindo as dimensões do projeto e as recomendações abaixo:

- a) Evitar postes, árvores, placas e outros obstáculos que impeçam a passagem;
- b) Evitar passagem por bocas de lobo, e outros dispositivos de drenagem;
- c) Conformação com a sinalização horizontal (faixa de pedestres e faixa de retenção pare); e
- d) As rampas de ambos os lados devem estar alinhadas.

Por causa da largura das calçadas, 1,50 e 2,00 metros, a implantação de rampas não é possível pois não sobra espaço suficiente para a circulação no nível da calçada (são necessários 3,00 metros de largura, 1,80m da rampa e 1,20m de faixa livre para circulação), sendo a solução fazer o rebaixamento na largura total da calçada.

Em todas as rampas e rebaixamento das calçadas deverá ser implantado piso tátil de alerta, também de acordo com a norma ABNT 9050.

#### **4.17.4 Cercas**

As cercas são os dispositivos delimitadores da faixa de domínio de uma rodovia, e devem ser implantadas ao longo dela, exceto nos perímetros urbanos, nas travessias de grandes cursos d'água, entroncamento com outras estradas e nos pontos em que julgadas desnecessárias.

As cercas são constituídas de mourões em concreto armado e de quatro fios de arame farpado. O projeto tipo apresentado na prancha PR323-174.200-DUP-DE-PAI-PE-0100 tem como referência as definições da ES-OC 11/18 (Obras Complementares: Cercas), mas algumas dimensões foram adequadas devido aos novos requisitos para mourões de concreto armado para cercas de arame da ABNT NBR 7176:2013.

## **4.18 PROJETO DE RELOCAÇÃO DE INTERFERÊNCIAS**

No Trecho 1B foi identificada apenas a relocação de uma edificação a demolir, com área de 44,82 m<sup>2</sup>.

A relocação da rede elétrica foi apresentada no Projeto de Iluminação, ver documentos: PR323-174.200-DUP-DE-ILU-PE-0101 a PR323-174.200-DUP-DE-ILU-PE-0105.

## **4.19 PROJETO DE ILUMINAÇÃO**

A seguir serão descritos os requisitos e critérios gerais para execução dos serviços de instalação do sistema de iluminação.

Todos os itens, serviços, mão de obra ou materiais eventualmente não incluídos nestas especificações, mas que sejam de fornecimento ou execução usual, ou que sejam necessários para completar o fornecimento com o objetivo de atender às necessidades operacionais deverão ser considerados como parte do fornecimento.

### **4.19.1 REFERÊNCIAS**

Os serviços de instalação tem como referencia os seguintes documentos e normas técnicas:

- ABNT NBR-5101 Iluminação Pública;
- ABNT NBR-5410 Instalações Elétricas em Baixa Tensão;
- COPEL – Companhia Paranaense de Energia – Concessionária de Energia Local - Normas Técnicas da Copel – NTC 901100 – Fornecimento em tensão secundária de distribuição e NTC 901115 – Atendimento a praças públicas e iluminação pública com medição.

## 4.19.2 ESQUEMA CONSTRUTIVO

Para fins de cálculo, cada área foi subdividida em sub-áreas menores, a saber:

- Pistas principais;
- Pistas secundárias;
- Passagens Superiores.

Devido às necessidades específicas de cada área, serão utilizados postes metálicos, cônicos contínuos, diretamente engastados no solo, de 9 metros de altura útil para iluminação das pistas principais e secundárias. Para pontes e viadutos das passagens superiores serão utilizados postes metálicos, cônicos contínuos, flangeados, de 9 metros de altura útil.

As luminárias serão a LED de potências 200 W (pistas principais e secundárias) fixadas através de braços aos postes e 190 W (pontes e viadutos), ligadas a núcleos para 2 luminárias.

Na rotatória, em suas alças, serão utilizadas a iluminação pública da rede de distribuição da COPEL, identificadas em planta como: LM01 e LM02.

A alimentação das luminárias será em sistema trifásico 220 V, 60 Hz, derivando da rede de energia da concessionária – COPEL.

Serão utilizados 4 pontos de alimentação para o sistema de iluminação, cada um com sua medição individual de energia.

Nas mesmas estruturas utilizadas para estas medições serão montados os quadros de comando e proteção do sistema.

O sistema de aterramento será formado por malha de aterramento instalada em cada medição, que será interligado aos postes pelo cabo nu de alumínio #10 mm<sup>2</sup> (“neutro” do cabo multiplex 3#16mm<sup>2</sup>).

### 4.19.3 CRONOGRAMA DE SERVIÇOS

OBRA: PROJETO DE ENGENHARIA PARA AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA RODOVIA PR-323 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO CRONOGRAMA DE SERVIÇOS											
DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	PRAZO EM DIAS										
	0	15	30	45	60	75	90	105	120		
Implantação dos postes		■	■	■	■	■	■	■			
Instalação da rede de distribuição aérea				■	■	■	■				
Montagem dos Postos de Medição/Comando						■	■	■			
Instalação de Luminárias							■	■			
Testes/Comissionamento									■		

### 4.19.4 MATERIAIS

#### 4.19.4.1 Luminárias

As luminárias LED aparecem como uma opção cada vez mais eficiente e alternativa às lâmpadas de descarga. Este tipo de fonte de luz necessita de manutenção reduzida devido à sua longa vida útil.

Atendendo ao critério de eficiência energética, foram especificadas luminárias a LED, com temperatura de cor de 4.000 K.

Serão adotados os seguintes tipos de luminárias:

a) para a iluminação das pistas principais e secundárias será utilizada a luminária viária a LED, ref. Tecnowatt, potência nominal 200 W, sem base para relé, modelo NATH-S 200. Essas luminárias serão instaladas através de braços (Ref.: BRAÇO CURVO 60X2000mm da FONINI). A fixação dos braços nos postes cônicos metálicos será através de duas braçadeiras de 60 a 76mm de diâmetro, feitas especialmente em aço A36, galvanizadas a fogo, com parafusos sextavados rosca total, de 1/2" de diâmetro e

2" de comprimento, com 4 porcas e 4 arruelas, também galvanizadas. Serão feitas equivalente aos modelos da COPEL (Cinta para poste circular) com dois ressaltos e furações para parafusos francês de M-16x45mm, também padrão COPEL. A braçadeira para fixação de armação secundária da rede secundária nos postes metálicos também será de acordo com a braçadeira dos braços das luminárias, porém diâmetro de 85mm. Abaixo uma ilustração do formato da braçadeira a ser seguido:



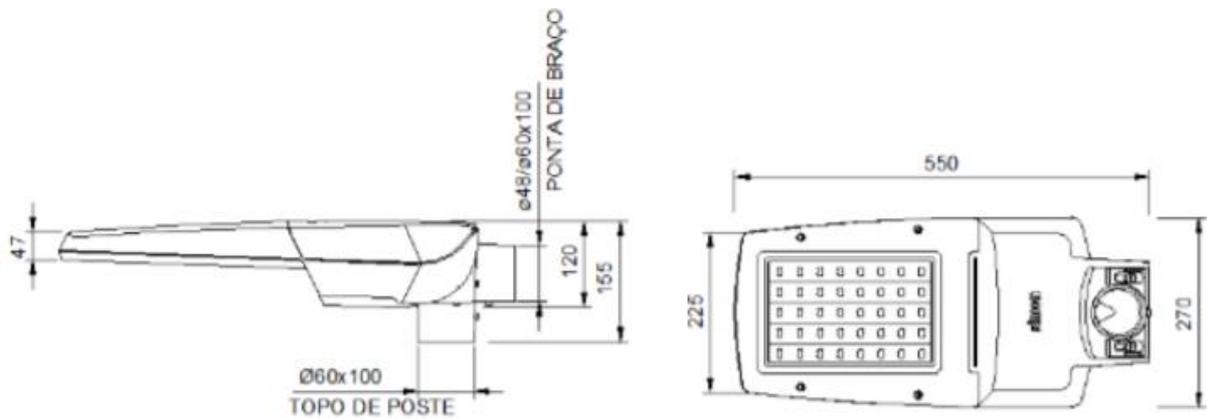
b) para a iluminação de pontes e viadutos será utilizada a luminária viária a LED, ref. Tecnowatt, potência nominal 190 W, sem base para relé, modelo NATH-L 190. Essas luminárias serão instaladas em núcleos de 60mm, para duas luminárias, conforme referência da FONINI - ZGP-6002.

As luminárias escolhidas tem um elevado nível de estanqueicidade (grau de proteção IP 66), alto rendimento luminoso e baixo índice de manutenção (com vida útil prevista entre 50.000 e 60.000 horas), aliados a curvas fotométricas específicas para cada finalidade.

## LUMINÁRIAS NATH S



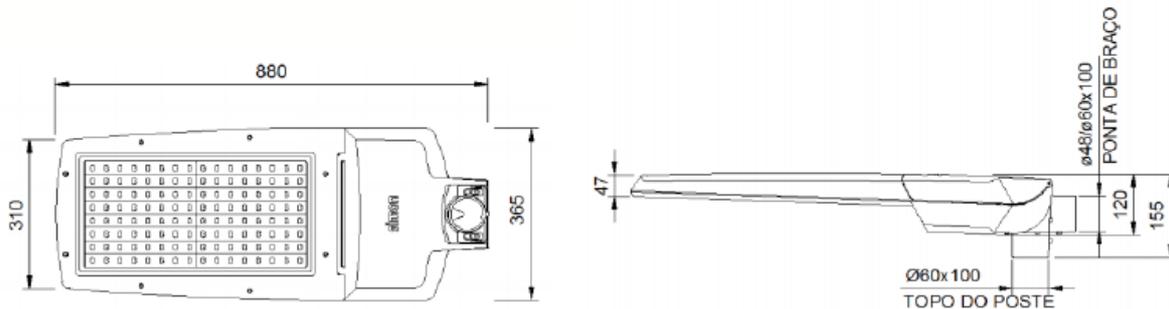
### DESENHO DIMENSIONAL DAS LUMINÁRIAS NATH S



### LUMINÁRIAS NATH L



### DESENHO DIMENSIONAL DAS LUMINÁRIAS NATH L



#### 4.19.4.2 Postes

Os postes de iluminação para instalação nas pistas principais e secundárias deverão ser de aço reto, cônico contínuo, para engastar, 9,0 metros de altura útil, diâmetro da base de 162 mm, diâmetro do topo de 60 mm, galvanizado a fogo, fabricado conforme NBR-14744/00, flecha máxima admissível de 4% da altura útil, revestido com zinco por imersão a quente com camada mínima de 70 $\mu$ M conforme NBR-6323/90. O poste deverá ser provido de furo de diâmetro de 1", a 6,50 metros de altura, para passagem de cabos da rede aérea, ref. FONINI, código CONIC 1000.122.E

Os postes para instalação em pontes e viadutos deverão ser de aço reto, cônico contínuo, para flangear, 9,0 metros de altura útil, diâmetro da base de 152 mm, diâmetro do topo de 60 mm, galvanizado a fogo, fabricado conforme NBR-14744/00, flecha máxima admissível de 4% da altura útil, revestido com zinco por imersão a quente com camada mínima de 70 $\mu$ M conforme NBR-6323/90. O poste deverá ser provido de furo de diâmetro de 1", a 6,50 metros de altura, para passagem de cabos da rede aérea, ref. FONINI, código CONIC 1000.92.B.

Os postes auxiliares da rede elétrica aérea e dos postos de medição/comando deverão ser de concreto armado, seção duplo T, para rede de distribuição, padrão Copel – conforme NTC 810.143, altura total 10,5 metros, resistência nominal 300 dAN, ref. de fabricante Concretis Artefatos de Concreto.

Os postes de concreto devem apresentar superfícies externas suficientemente lisas, sem apresentar ninhos de concretagem, armadura aparente, fendas ou fraturas (exceto pequenas fissuras capilares, não orientadas segundo o comprimento do poste, inerentes ao próprio material), não sendo permitida pintura (exceto para identificar a condição de liberação das peças) nem cobertura superficial com o objetivo de cobrir os ninhos de concretagem ou fissuras.

#### **4.19.4.3 Postos de Medição e Comando**

O fornecimento de energia aos sistemas de iluminação será efetuado através de medições de energia em baixa tensão, trifásicas de 50 A. que também abrigarão os quadros de comando e proteção do sistema.

Todos os materiais utilizados na construção dos padrões de entrada de energia deverão seguir as especificações das Normas Técnicas da Copel – NTC 901100 – Fornecimento em tensão secundária de distribuição e NTC 901115 – Atendimento a praças públicas e iluminação pública com medição.

#### **4.19.4.4 Cabos Isolados**

A rede de distribuição será aérea, utilizando-se cabos de alumínio multiplexados. Na maioria do traçado da rede serão utilizados os mesmos postes da rede de iluminação para suporte e fixação da rede, através de armações secundárias de 1 estribo.

Os cabos serão de alumínio multiplexado (quadplex ou triplex conforme indicação em planta), autosustentado. Condutor em alumínio 1350, têmpera H19, resistência à tração mínima de 105 MPA (H19), encordoamento redondo compacto. Isolação constituída por polietileno termoplástico (PE), classe térmica 70°C. Condutor neutro: Cabo de alumínio não isolado, CA (alumínio 1350). Identificação: Veias Coloridas (CZ, PT e V). Conforme NBR 8182. Bitola dos condutores 3x16 mm<sup>2</sup>. Ref. CONDUSPAR.

IDENTIFICAÇÃO DE CORES DOS CODUTORES	
Fase A	Preto
Fase B	Cinza
Fase C	Vermelho



Para alimentação dos postes a partir da rede aérea e para alimentação dos projetores na passagem inferior serão utilizados cabos de cobre multipolar flexível, formado por fios de cobre nu eletrolítico, seção circular, têmpera mole, Classe 5 de encordoamento (NBR NM 280), isolamento das veias à base de PVC, antichama, classe térmica 70°C e cobertura externa PVC, sem chumbo, (NBR 7288). Tensão de isolamento 0,6/1KV, bitola 3x2,5 mm<sup>2</sup>, ref. CONDUSPAR.



#### 4.19.4.5 Cabos de Cobre Nu

Os cabos de cobre nu serão instalados nos sistemas de aterramento, presentes nos postos de medição/comando e no aterramento dos postes metálicos.

Serão formados por fios sólidos de cobre nu eletrolítico, seção circular, tempera mole, duro e meio duro, Classe 2 de encordoamento (NBR 5349/NBR 6524).

O fio sólido ou os fios componentes do cabo devem ser livres de óxido ou materiais estranhos e não devem apresentar fissuras, escamas, rebarbas, asperezas, estrias e/ou inclusões que comprometam o desempenho do produto. O cabo pronto deve apresentar diâmetro e encordoamento uniformes.



#### **4.19.4.6 Eletrodutos e Acessórios**

Eletroduto em PVC rígido roscável preto, tipo antichama, nos diâmetros indicados em projeto, conforme NBR 6150/80, com rosca paralela BSP, conforme norma NBR 8133/83. As luvas de emenda devem ser do tipo roscável, assim como as curvas a 90° devem ser do tipo roscável, fabricadas em PVC rígido, conforme a norma NBR 6150/80 da ABNT.

#### **4.19.4.7 Quadros Elétricos de Proteção e Comando**

O comando das luminárias será efetuado através de quadros de comando instalados junto as medições, com acionamento através de relés fotoelétricos. Os quadros serão fixados aos mesmos postes do padrão de medição, conforme detalhe em projeto. Quando da sua fabricação deverá ser prevista a instalação de suportes de fixação externos, para passagem da fita de aço inox de amarração aos postes. Os quadros deverão ser previamente furados em fábrica (antes do processo de proteção da chapa e da pintura) com furos para entrada e saída dos eletrodutos e para ligação dos 2 relés fotoelétricos. Os quadros serão equipados com disjuntores, contactores, protetores de surto, duas bases para relés fotoelétricos e dois relés fotoelétricos, conforme diagrama unifilar. Serão para uso ao tempo, grau de proteção IP 65, fabricados em chapa de aço # 16 com tratamento anti corrosivo, pintado a pó epoxi cinza RAL 7032, com porta provida de fechadura tipo Yale e incluindo barramentos, conectores, terminais, e demais acessórios necessários a sua montagem.

Especificações dos dispositivos de proteção contra surtos de sobretensões – DPS: sua ligação deve incluir todas as fases do quadro. Deve ter capacidade mínima para

absorção de correntes de surto de 90 kA. O supressor de surto deve suportar pulsos de nível 1, de característica 10/350 ms, e de nível 2, de característica 8/20 ms, na tensão compatível de cada instalação. Tensão nominal = 175 V. O supressor de surto deve ser fabricado seguindo as recomendações da norma NBR 5410 da ABNT.

#### **4.19.4.8 Relés Fotoelétricos**

O acionamento da iluminação será feito através de relés fotoelétricos magnéticos instalados nos quadros de comando descritos no item anterior.

Embora redundantes, é de suma importância a utilização de relés robustos e confiáveis, já que a falha destes componentes implica na não ligação das luminárias.

O sistema magnético proporciona maior confiabilidade pela sua configuração que incorpora elementos de proteção contra picos transientes e sobre corrente, que protegem os seus próprios componentes e todo o conjunto de iluminação.

Os relés serão do tipo fotoelétrico magnético, próprio para comando de iluminação (com 3 pinos de contato em latão, linha-linha e carga), utilização em corrente alternada, tipo LN (liga a noite e desliga de dia), 220 V, potência até 1.000 W, ref Ilumatic, modelo RM-74 N



#### **4.19.5 ESPECIFICAÇÕES EXECUTIVAS**

A execução da obra deverá seguir as especificações abaixo listadas.

#### **4.19.5.1 Sinalização da Via**

A execução de obras em rodovias e em suas margens são fatores que determinam o surgimento de problemas de fluidez e segurança na circulação de veículos.

Situações deste tipo constituem-se em fatos imprevistos para quem está dirigindo ao longo da rodovia, em condições de velocidade relativamente constantes. Junto a trechos em obras, acidentes podem ocorrer, devido à implantação de sinalização que venha a transmitir informações confusas ou contraditórias.

Essa situação pode ser agravada pela implantação de sinais a distâncias incorretas ou pela escolha e implantação de dispositivos de canalização e controle inadequados ou em número insuficiente.

Dessa forma, além de um adequado planejamento para a execução desses tipos de obras e do desenvolvimento de projetos de desvio de trânsito, cuidado especial deve ser dado à sinalização para que se obtenha um controle seguro do fluxo de tráfego.

#### **4.19.5.2 Abertura de Cavas**

Todas as cavas para implantação dos postes serão abertas nos locais determinados pelo projeto. Serão removidos os materiais do solo com a profundidade determinada pela fórmula, para o caso dos postes "Duplo T":

$$P = H * 0,10 + 0,60$$

P = Profundidade da cava (metros)

H = altura do poste

Para os postes metálicos engastados o engastamento será de um metro conforme indicação do fabricante.

Tanto um caso como outro está referido a solos com boa resistência. Em situações de solo mole deverá ser avaliada corretamente a implantação do poste de acordo com o terreno.

#### 4.19.5.3 Montagem de Estruturas e Luminárias

Em todos os postes as estruturas que possam ser montadas antes do levantamento dos mesmos deverão ser montadas no solo. Desta forma serão reduzidos os trabalhos em altura.

A montagem das demais estruturas deverá ser efetuada com a utilização de caminhão equipado com braço hidráulico articulado e cesto acoplado para abrigo do(s) montador(es).

O Anexo XII “Equipamentos de Guindar para Elevação de Pessoas e Realização de Trabalho em Altura”, da NR-12, é o documento que regulamenta a utilização de equipamento destinado à elevação de pessoas para execução de trabalho em altura e deve ser obedecido para as montagens que requisitem elevação.

#### 4.19.5.4 Lançamento e Regulagem dos Condutores

O lançamento dos condutores será efetuado após a instalação dos postes e deverão seguir as especificações do projeto executivo. Efetuar inspeção prévia no tramo de lançamento, verificando possíveis travessias. Caso seja necessário, providenciar métodos de bloqueio evitando o contato. Utilizar equipamento de tração compatível com o peso do condutor. Alertar os colaboradores do risco de queda do condutor. Evitar o trânsito de pessoas estranhas ou veículos sob a área de trabalho.

A regulagem dos condutores será conforme os valores das tabelas abaixo para flechas e tensões mecânicas:

FLECHAS DE MONTAGEM - (m) - 16mm <sup>2</sup> - QUADRIplex/TRIPLEX - AL												
Temp. (°C)	Vãos médios (m)											
	15	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
5	0,13	0,23	0,27	0,32	0,37	0,43	0,49	0,56	0,63	0,70	0,78	0,86
10	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	0,46	0,52	0,59	0,66	0,73	0,81	0,89
15	0,17	0,27	0,32	0,37	0,43	0,49	0,55	0,62	0,69	0,76	0,84	0,92
20	0,18	0,29	0,34	0,39	0,45	0,51	0,58	0,64	0,72	0,79	0,87	0,95
25	0,20	0,31	0,36	0,42	0,48	0,54	0,60	0,67	0,74	0,82	0,90	0,98
30	0,22	0,33	0,39	0,44	0,50	0,56	0,63	0,70	0,77	0,85	0,93	1,01
35	0,24	0,35	0,41	0,46	0,52	0,59	0,65	0,73	0,80	0,88	0,96	1,04
40	0,25	0,37	0,43	0,49	0,52	0,61	0,68	0,75	0,83	0,90	0,99	1,07

45	0,27	0,39	0,45	0,51	0,55	0,64	0,70	0,78	0,85	0,93	1,01	1,10
50	0,28	0,41	0,47	0,53	0,57	0,66	0,73	0,80	0,88	0,96	1,04	1,13

TRAÇÕES DE MONTAGEM - (daN) - 16mm <sup>2</sup> - TRPLEX - AL												
Temp. (°C)	Vãos médios (m)											
	15	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
5	44,28	45,47	46,27	46,27	46,67	47,07	47,47	47,47	47,87	47,87	48,26	48,26
10	39,49	41,88	42,28	43,08	43,88	44,28	44,67	45,07	45,47	45,87	46,27	46,67
15	35,10	38,29	39,49	40,29	41,08	41,88	42,68	43,08	43,48	44,28	44,67	45,07
20	31,91	35,50	36,70	37,89	38,69	39,89	40,69	41,08	41,88	42,28	43,08	43,48
25	29,12	33,11	34,30	35,50	36,70	37,89	38,69	39,49	40,29	41,08	41,88	42,28
30	26,72	31,11	32,31	33,90	35,10	36,30	37,10	37,89	38,69	39,49	40,29	41,08
35	24,73	29,12	30,71	32,31	33,51	34,70	35,50	36,70	37,49	38,29	39,09	39,89
40	23,13	27,52	29,12	30,71	31,91	33,11	34,30	35,50	36,30	37,10	37,89	38,69
45	21,54	26,33	27,92	29,52	30,71	31,91	33,11	34,30	35,10	35,90	36,70	37,49
50	20,34	25,13	26,72	28,32	29,52	30,71	31,91	33,11	34,30	35,10	35,90	36,70

FLECHAS DE MONTAGEM - (m) - 16mm <sup>2</sup> - QUADRIplex/TRIPLEX - AL												
Temp. (°C)	Vãos médios (m)											
	15	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
5	0,13	0,23	0,27	0,32	0,37	0,43	0,49	0,56	0,63	0,70	0,78	0,86
10	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	0,46	0,52	0,59	0,66	0,73	0,81	0,89
15	0,17	0,27	0,32	0,37	0,43	0,49	0,55	0,62	0,69	0,76	0,84	0,92
20	0,18	0,29	0,34	0,39	0,45	0,51	0,58	0,64	0,72	0,79	0,87	0,95
25	0,20	0,31	0,36	0,42	0,48	0,54	0,60	0,67	0,74	0,82	0,90	0,98
30	0,22	0,33	0,39	0,44	0,50	0,56	0,63	0,70	0,77	0,85	0,93	1,01
35	0,24	0,35	0,41	0,46	0,52	0,59	0,65	0,73	0,80	0,88	0,96	1,04
40	0,25	0,37	0,43	0,49	0,52	0,61	0,68	0,75	0,83	0,90	0,99	1,07
45	0,27	0,39	0,45	0,51	0,55	0,64	0,70	0,78	0,85	0,93	1,01	1,10
50	0,28	0,41	0,47	0,53	0,57	0,66	0,73	0,80	0,88	0,96	1,04	1,13

#### 4.19.5.5 Conexões

As conexões dos condutores da rede aérea com os cabos de alimentação das luminárias serão efetuadas com conectores tipo Perfurante, sendo que estes serão aplicados com ferramenta específica.

#### **4.19.5.6 Testes nas Luminárias**

Após conclusão dos serviços de instalação todas as luminárias serão testadas com simulação de escurecer. Deverá ser efetuado um ajuste fino no direcionamento das luminárias para proporcionar uma melhoria nos níveis de iluminação da via.

#### **4.19.6 CANTEIRO DE OBRAS PARA INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

Caso a empresa executante entenda que há a necessidade de canteiro de obras para instalações elétricas, esta será responsável por fornecimento e montagem, no local da obra, de todo o equipamento necessário à execução dos serviços, inclusive a eventual instalação de usinas e depósitos, bem como a construção de alojamentos, escritórios e outras instalações necessárias ao trabalho.

Não haverá qualquer pagamento em separado para o canteiro de obras. Seus custos deverão ser incluídos nos preços propostos para os vários itens de serviço, constantes no Quadro de Quantidades.

Toda aquisição de terreno, direitos de exploração, servidões, facilidades ou direitos de acesso que venham a serem necessários para pedreiras, jazidas ou outras finalidades, que estejam além dos limites da faixa de domínio, deverão ser adquiridos pela Executante e o seu custo incluído nos preços propostos para os vários itens de serviços.

### **4.20 REDE DE ENERGIA ELÉTRICA**

#### **4.20.1 INTRODUÇÃO**

A seguir serão descritos os requisitos e critérios gerais para execução dos serviços de construção e relocação de redes de energia da Concessionária (COPEL).

Todos os itens, serviços, mão de obra ou materiais eventualmente não incluídos nestas especificações, mas que sejam de fornecimento ou execução usual, ou que sejam necessários para completar o fornecimento com o objetivo de atender às necessidades operacionais deverão ser considerados como parte do fornecimento.

---

## 4.20.2 REFERÊNCIAS

### NORMAS DA ABNT

- ABNT-NBR-14039 - Instalações Elétricas de Alta Tensão
- ABNT-NBR-5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão

### NORMAS REGULAMENTADORAS DO M.T.

- NR 10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade
- NR 17 - Ergonomia
- NR 15 – Atividades e Operações Insalubres
- NR 16 - Atividades e Operações Perigosas

### NORMAS TÉCNICAS COPEL – NTC

- NTC 810000/820000 - Materiais
- NTC 831001 – Projeto de Redes de Distribuição Rural
- NTC 841050 – Projeto de Iluminação Pública
- NTC 841001 – Projeto de Redes de Distribuição Urbana
- NTC 841005 – Desenho de Projetos de Redes de Distribuição
- NTC 841100 – Projeto de Redes de Distribuição Compacta Protegida
- NTC 841200 – Projeto de Redes de Distribuição Secundária Isolada
- NTC 848500/688 – Montagem de Rede de Iluminação Pública
- NTC 850001 – Dimensionamento de Estruturas
- NTC 855000/190 – Montagem de Redes de Distribuição Compacta Protegida
- NTC 855210/324 – Montagem de Rede de Distribuição Secundária Isolada
- NTC 856000/830 – Montagem de Redes de Distribuição Aérea

- NTC 857000/094 – Estruturas de Redes para Atendimento a Edifícios de Uso Coletivo
- NTC 858000/156 – Montagem de Equipamentos Especiais
- NTC 855900/999 - Compartilhamento de Infra Estrutura de Redes de Distribuição
- NTC 9000100 – Projetos de Entrada de Serviço – Critérios de apresentação
- NTC 901110 – Atendimento a Edificações de Uso Coletivo
- NTC 901100 - Fornecimento em Tensão Secundária de Distribuição
- NTC 903100 - Fornecimento em Tensão Primária de Distribuição
- NTC 901115 – Atendimento a praças públicas
- NTC 163614 – Fornecimento Provisório
- NTC 910020 – Transformadores de Distribuição – uso particular
- NTC 917015 – Terminais de compressão maciços para condutores flexíveis
- NTC 917010 – Eletrodutos de aço carbono
- NTC 902202 – Ligações Especiais – Atendimento a vendedores ambulantes e assemelhados
- NTC 902203 – Ligações Especiais – Atendimento a operadoras de TV a cabo, telecomunicações e assemelhados
- NTC 815028 - Cabo Isolado de Alumínio 50 mm<sup>2</sup>
- NTC 815052 - Cabo de Alumínio Isolado 12/20 kV
- NTC 810027 - Transformador de Distribuição
- NTC 810032 - Elo fusível de distribuição
- NTC 810031 - Chave fusível de distribuição

- MIT 160909 - Procedimentos de Poda de Árvores
- MIT 161612 - Conjunto de Aterramento Sela para Redes Convencionais
- MIT 161613 - Conjunto de Segurança para Trabalhos em Altura
- MIT 161703 - Procedimentos de Ensaios de Ferramentas e Equipamentos de Linha Viva
- MIT 161705 - Procedimentos de Ensaios Mecânicos de Equipamentos e Ferramentas
- MIT 162501/03 Proteção de Redes de Distribuição Contra Sobrecorrente
- MIT 162606 – Travessias e/ou ocupação de faixa de domínio
- MIT 163001 - Retenção de Documentos
- MIT 163101 - Procedimentos para Execução de Obras
- MIT 163105 - Manutenção e Pequenas Extensões de RD subterrânea
- MIT 163108 - Atividades de Construção de Redes
- MIT 163112 – Procedimentos de Cadastramento de Empreiteiras, NAC 030406 - Avaliação Técnica de Empreiteiras
- MIT 163802 - Montagem de Acessórios Desconectáveis para Cabos Isolados 15 kV
- MIT 163104 - Aterramento em redes de distribuição

### **4.20.3 JUSTIFICATIVA**

Os projetos de ampliação da capacidade da rodovia preveem a duplicação de pistas, implicando na alteração da geometria das mesmas e a inclusão de dispositivos de retorno. Conseqüentemente, algumas linhas de energia, pertencentes a rede de distribuição da Concessionária (Copel) ficarão sobre as pistas projetadas. Desta forma serão necessárias obras de relocação destas redes de energia, bem como a construção de novas redes para atendimento aos novos dispositivos.

#### 4.20.4 ESQUEMA CONSTRUTIVO

Ao longo do trecho a ser duplicado foram encontrados pontos onde a rede ficaria sobre a rodovia projetada, sendo entre o km 174+400m e o 175+600m (Acesso a Dr. Camargo) e entre o km 178+800m e o km 180+100m, neste último trecho, a rede será deslocada para 1,5m do limite da faixa de domínio, do outro lado da rodovia, isto ocorrerá, devido a existência de residências na faixa de domínio, impossibilitando o seu deslocamento para a distância padrão 1,5m do limite da faixa, no mesmo lado que a rede se encontra hoje.

Na relocação das redes de energia entre o km 174+400m e o 175+600m em Média Tensão (MT - 13,8KV) e Baixa Tensão (BT - 220/127V) paralelas a rodovia, devido a construção e adequações das pistas marginais, serão retirados 353,06 m. de MT em cabo nu 02AWG (CA) de alumínio, 46,8 m de MT em cabo 04AWG (CA) de alumínio de alumínio coberto; instalados 1047 m. de MT em cabo 35mm<sup>2</sup> XLPE de alumínio coberto, 76,64 m de MT em cabo 02AWG (CA). Na rede BT serão retirados 164,7 m bifásicos em cabo 04AWG de alumínio nu, com neutro 02 AWG CA de alumínio nu, 209,83 m trifásicos em cabo 2/0AWG de alumínio nu e 50,3 m de bifásicos de cabo 16mm de alumínio isolado; instalados 645 m. em cabo 70mm<sup>2</sup> de alumínio isolado e reinstalados 109,4 m em cabo 70mm<sup>2</sup> de alumínio isolado. Na instalação de BT foi projetada de modo a atender a carga de iluminação da pista, através de 04 medições previstas no projeto de iluminação da pista. Serão reinstalados 1 transformador de 75kVA/13,8kV, 1 transformadores 45kVA/13,8kV e trocado 1 transformador de 45kVA/13,8kV, por 1 transformador de 45kVA/13,8kV.

Na relocação das redes de energia entre o km 178+800m e o 180+100m em MT paralelas a rodovia, devido a construção de pista, serão retirados 1208,48 m de MT em cabo 2/0AWG CAA de alumínio com alma de aço, para ou outro lado da rodovia, devido a existência de edificações dentro da faixa de domínio, impossibilitando o deslocamento da existente para 1,5m do limite da faixa, conforme permitido pelo DER. Com o deslocamento para o outro lado da rodovia, onde não há interferências, a rede será construída em circuito duplo com a rede de 13,8kV MT, obedecendo a distância de 1,5m do limite da faixa de domínio, para isto serão relocados 811,64 m em cabo 04 AWG CAA de alumínio com alma de aço; instalados 1360,87 m em cabo 2/0 AWG

CAA de alumínio com alma de aço; devido ao deslocamento da rede serão substituídos os ramais de derivação da MT 13,8kV, sendo retirados 142,11 m de MT em cabo 06 AWG CAA de alumínio com alma de aço e instalados 150,60 m de MT em cabo 02 AWG CAA de alumínio nú. Haverá reinstalação de um transformador 5kVA/13,8kV no trecho deslocado.

Para execução dos serviços a construtora deverá ser cadastrada junto a COPEL e obedecer às normas e especificações supracitadas.

Os projetos de extensão, relocação e reforço da rede elétrica deverão ser aprovados pela Concessionária de energia, antes do início dos serviços.

Os materiais da iluminação pública retirados e pertencentes a Prefeitura Municipal deverão ser entregues em seu almoxarifado, em local a ser definido pela fiscalização.

As obras de ampliação de redes de distribuição de energia elétrica podem ser executadas somente após o fornecimento da declaração de alinhamento de vias públicas, pelo município.

#### **4.20.5 DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS**

Os dimensionamentos das estruturas foram feitos através do programa de dimensionamento de estruturas WinLIE.

#### **4.20.6 MATERIAIS**

Os materiais aplicados nas obras de construção e extensão deverão obedecer as normas e especificações supracitadas.

#### **4.20.7 ESPECIFICAÇÕES EXECUTIVAS**

Além das especificações supracitadas, a execução da obra deverá seguir as especificações abaixo listadas.

##### **4.20.7.1 Sinalização da Via**

A execução de obras em rodovias e em suas margens são fatores que determinam o surgimento de problemas de fluidez e segurança na circulação de veículos.

Situações deste tipo constituem-se em fatos imprevistos para quem está dirigindo ao longo da rodovia, em condições de velocidade relativamente constantes. Junto a trechos em obras, acidentes podem ocorrer devido à implantação de sinalização que venha a transmitir informações confusas ou contraditórias.

Essa situação pode ser agravada pela implantação de sinais a distâncias incorretas ou pela escolha e implantação de dispositivos de canalização e controle inadequados ou em número insuficiente.

Dessa forma, além de um adequado planejamento para a execução desses tipos de obras e do desenvolvimento de projetos de desvio de trânsito, cuidado especial deve ser dado à sinalização para que se obtenha um controle seguro do fluxo de tráfego.

#### **4.20.7.2 Lançamento dos Condutores**

O lançamento dos condutores será efetuado após a instalação dos postes e deverão seguir as especificações do projeto executivo. Efetuar inspeção prévia no tramo de lançamento, verificando possíveis travessias. Caso seja necessário, providenciar métodos de bloqueio evitando o contato. Utilizar equipamento de tração compatível com o peso do condutor. Alertar os colaboradores do risco de queda do condutor. Evitar o trânsito de pessoas estranhas ou veículos sob a área de trabalho.

#### **4.20.7.3 Aterramentos**

Nos Postos de Transformação serão aterrados os para-raios e carcaça dos transformadores através de fio de aço cobreado 16mm<sup>2</sup>. Estes postos serão conectados à malha de terra, cuja resistência de aterramento não deverá ultrapassar o valor estipulado pela COPEL (10 Ohms) com um mínimo de 3 hastes para cada posto de transformação.

Na rede de Baixa Tensão serão instaladas hastes de terra cobreadas do tipo Copperweld, com 2,4 metros de comprimento, a uma distância máxima de 150m entre elas. Estas hastes serão interligadas ao neutro da rede através de fio de aço cobreado 16mm<sup>2</sup>. O neutro também será interligado à malha de aterramento dos transformadores, conforme orientação da letra A, do item 2.4.2.1.1, da NTC 841001. As conexões das hastes com fio serão feitas com solda exotérmica.

Os critérios utilizados para o aterramento foram baseados no Manual de Instruções Técnicas da COPEL - MIT 163104 – Aterramento em Redes de Distribuição.

#### **4.20.8 CANTEIRO DE OBRAS PARA INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

Caso a empresa executante entenda que há a necessidade de canteiro de obras para construção de redes, esta será responsável por fornecimento e montagem, no local da obra, de todo o equipamento necessário à execução dos serviços, inclusive a eventual instalação de usinas e depósitos, bem como a construção de alojamentos, escritórios e outras instalações necessárias ao trabalho.

Não haverá qualquer pagamento em separado para o canteiro de obras. Seus custos deverão ser incluídos nos preços propostos para os vários itens de serviço, constantes no Quadro de Quantidades.

Toda aquisição de terreno, direitos de exploração, servidões, facilidades ou direitos de acesso que venham a ser necessários para pedreiras, jazidas ou outras finalidades, que estejam além dos limites da faixa de domínio, deverão ser adquiridos pela Executante e o seu custo incluído nos preços propostos para os vários itens de serviços.

Para construção desta rede deverão ser seguidos os padrões de montagens de rede de distribuição aérea da COPEL, observando-se os afastamentos padrões das estruturas para atender aos critérios de segurança.

## 5 QUANTITATIVOS DE SERVIÇOS

A tabela a seguir apresenta as quantidades programadas para execução do presente Projeto Executivo.

Item	Descrição da Atividade	Unidade	Quantidade
<b>1</b>	<b>Terraplenagem</b>		
1.1	Compactação de aterros 100% (A) PN	m <sup>3</sup>	192.430,50
1.2	Compactação de aterros 100% PI	m <sup>3</sup>	30.597,70
1.3	Compactação de aterros em 3a. Cat.	m <sup>3</sup>	5.240,00
1.4	Apiloamento manual	m <sup>3</sup>	671,2
1.5	Desmatamento e limpeza diam. até 30cm	m <sup>3</sup>	190.895,00
1.6	Destocamento árvores diam. > 30cm	m <sup>3</sup>	617
1.7	Esc. carga e transp. 1a. cat. 0-200m	m <sup>3</sup>	55.670,30
1.8	Esc. carga e transp. 1a. cat. 200-400m	m <sup>3</sup>	14.071,80
1.9	Esc. carga e transp. 1a. cat. 400-600m	m <sup>3</sup>	39.050,10
1.10	Esc. carga e transp. 1a. cat. 600-800m	m <sup>3</sup>	2.187,60
1.11	Esc. carga e transp. 1a. cat. 800-1000m	m <sup>3</sup>	1.345,20
1.12	Esc. carga e transp. 1a. cat. 1000-1200m	m <sup>3</sup>	11.056,30
1.13	Esc. carga e transp. 1a. cat. 1400-1600m	m <sup>3</sup>	32.263,60
1.14	Esc. carga e transp. 1a. cat. 1600-2000m	m <sup>3</sup>	22.720,00
1.15	Esc. carga e transp. 1a. cat. 2000-3000m	m <sup>3</sup>	51.393,40
1.16	Esc. carga e transp. 1a. cat. 3000-4000m	m <sup>3</sup>	2.201,90
1.17	Esc. carga e transp. 1a. cat. 5000-6000m	m <sup>3</sup>	829,9
1.18	Fornecimento de rachão com camada de bloqueio	m <sup>3</sup>	5.240,00
<b>2</b>	<b>Drenagem</b>		
2.1	Sarjeta triangular concreto - tipo 1	m	5.625,00
2.2	Sarjeta triangular concreto - tipo 2	m	376,00
2.3	Sarjeta triangular concreto - tipo 9	m	1.365,00
2.4	Sarjeta triangular concreto - tipo 10	m	1.726,00
2.5	Sarjeta trapezoidal concreto - tipo 3	m	38,00
2.6	Sarjeta trapezoidal concreto - tipo 4	m	96,00
2.7	Valeta concreto proteção aterro - tipo 5A	m	922,00
2.8	Valeta concreto proteção aterro - tipo 7A	m	516,00
2.9	Valeta concreto proteção corte - tipo 5A	m	832,00
2.10	Valeta concreto proteção corte - tipo 7A	m	915,00
2.11	Meio fio de concreto tipo 3 (pré-moldado)	m	1.362,00
2.12	Meio fio de concreto tipo 9A (pré-moldado)	m	491,00
2.13	Transp.segmento sarjeta tipo- 5 (ST-1/SZ-2) c/placas	m	129,00
2.14	Corpo de BSTC 0,40m com berço	m	1,00
2.15	Corpo de BSTC 0,60m com berço	m	50,00

Item	Descrição da Atividade	Unidade	Quantidade
2.17	Corpo de BSTC 1,00m com berço	m	73,80
2.18	Corpo de BSTC 1,20m com berço	m	124,30
2.19	Boca de BSTC 0,80m	und	3,00
2.20	Boca de BSTC 1,00m	und	2,00
2.21	Boca de BSTC 1,20m	und	2,00
2.22	Boca de BDTC 1,00m	und	
2.23	Gabião tipo caixa 2x1x0,50m ZN/AL (NBR 8964)	m <sup>3</sup>	12,00
2.24	Gabião tipo caixa 2x1x1,00m ZN/AL (NBR 8964)	m <sup>3</sup>	88,00
2.25	Alvenaria pedra de mão argamassada	m <sup>3</sup>	218,52
2.26	Demolição de concreto armado	m <sup>3</sup>	7,68
2.27	Demolição de concreto simples	m <sup>3</sup>	6,37
2.28	Escavação de bueiros e valas de drenagem 1a. cat.	m <sup>3</sup>	6.585,64
2.29	Reaterro e apiloamento mecânico	m <sup>3</sup>	2.209,18
2.30	Compactação de aterros 100% PN (A)	m <sup>3</sup>	3.351,18
2.31	Contenção em areia-cimento ensacada com mistura de 8% de cimento	m <sup>3</sup>	57,00
2.32	Remoção de bueiro metálico Ø 2,50m	m	53,60
2.33	Dreno profundo em solo - tipo 6A(GT)	m	1.560,00
2.34	Boca de saída dreno profundo - tipo 2	und	1,00
2.35	Boca de Saída BSDS-01 ( $\phi = 150$ mm)	und	1,00
2.38	Corpo de BSTC 0,60m com berço	m	447,13
2.16	Corpo de BSTC 0,80m com berço	m	149,90
2.36	Corpo de BSTC 0,80m com berço (Transposição)	m	172,00
2.37	Reaterro e apiloamento mecânico	m <sup>3</sup>	879,96
2.39	Corpo de BSTC 0,80m com berço	m	77,84
2.40	Escavação de bueiros e valas de drenagem 1a. cat.	m <sup>3</sup>	4.661,40
2.41	Reaterro e apiloamento mecânico	m <sup>3</sup>	2.051,39
2.42	Compactação de aterros 100% PN (A)	m <sup>3</sup>	2.444,47
2.43	Esc. carga e transp. 1a. cat. 0-200m	m <sup>3</sup>	8,42
2.44	Esc. carga e transp. 1a. cat. 400-600m	m <sup>3</sup>	842,92
2.45	Compactação de aterros 100% PN (A)	m <sup>3</sup>	7,02
<b>Sarjetas, Valas, Valetas, Transposições e Canais</b>			
2.46	Guia de madeira para valeta de concreto 5A-3 Madeira pinho 2,5 x 6 cm	m <sup>2</sup>	773,22
2.47	Concreto Fck = 11 MPa, preparo em betoneira e lanç.	m <sup>3</sup>	280,93
2.48	Escavação manual de vala 1a. cat.	m <sup>3</sup>	1.398,51
2.49	Argamassa cimento e areia 1:4	m <sup>3</sup>	2,11
2.50	Formas de madeira compensada resinada	m <sup>2</sup>	3.460,92
2.51	Enleivamento	m <sup>2</sup>	1.027,50
2.52	TSS exclusive fornecimento da emulsão	m <sup>2</sup>	431,55
2.53	Fornecimento de emulsão asfáltica RR-1C	t	1,51
2.54	Aço CA-50 fornec. dobr. colocação	kg	22.892,74
2.55	Concreto Fck = 25 MPa, preparo em betoneira e lanç.	m <sup>3</sup>	305,60

Item	Descrição da Atividade	Unidade	Quantidade
2.56	Concreto Fck = 20 MPa, preparo em betoneira e lanç.	m <sup>3</sup>	16,04
2.57	Concreto Fck = 15 MPa, preparo em betoneira e lanç.	m <sup>3</sup>	58,11
2.58	Apiloamento manual	m <sup>3</sup>	1,13
2.59	Escavação valas de drenagem 1a. cat.	m <sup>3</sup>	89,88
<b>Dissipadores</b>			
2.60	Concreto Fck = 11 MPa, preparo em betoneira e lanç.	m <sup>3</sup>	21,04
2.61	Formas de madeira compensada resinada	m <sup>2</sup>	64,77
2.62	Escavação valas de drenagem 1a. cat.	m <sup>3</sup>	21,99
2.63	Apiloamento manual	m <sup>3</sup>	2,21
2.64	Alvenaria pedra de mão argamassada	m <sup>3</sup>	16,80
<b>Bueiros celulares e bocas</b>			
2.65	Formas de madeira compensada resinada	m <sup>2</sup>	2.996,74
2.66	Aço CA-50 fornec. Dobr. Colocação	kg	40.028,10
2.67	Concreto magro, preparo em betoneira e lanç.	m <sup>3</sup>	86,65
2.68	Argamassa cimento e areia 1:3	m <sup>3</sup>	27,44
2.69	Escoramento de galerias celulares	m <sup>3</sup>	1.589,56
2.70	Concreto Fck = 18 MPa, preparo em betoneira e lanç.	m <sup>3</sup>	619,93
<b>Bueiros tubulares</b>			
2.71	Formas de madeira compensada resinada	m <sup>2</sup>	113,18
2.72	Aço CA-50 fornec. Dobr. Colocação	kg	2.937,60
2.73	Concreto Fck = 20 MPa, preparo em betoneira e lanç.	m <sup>3</sup>	51,36
<b>Caixas, Poços e Bocas de Lobo</b>			
2.74	Formas de madeira compensada resinada	m <sup>2</sup>	630,02
2.75	Aço CA-50 fornec. Dobr. Colocação	kg	4.629,72
2.76	Concreto Fck = 15 MPa, preparo em betoneira e lanç.	m <sup>3</sup>	231,34
2.78	Escavação valas de drenagem 1a. cat.	m <sup>3</sup>	193,00
2.77	Concreto Fck = 11 MPa, preparo em betoneira e lanç.	m <sup>3</sup>	26,41
2.79	Apiloamento manual	m <sup>3</sup>	62,00
2.80	Concreto Fck = 25 MPa, preparo em betoneira e lanç.	m <sup>3</sup>	12,39
2.81	Fornecimento e instalação de tubo PEAD 300 mm para dreno	m	2,90
2.82	Concreto Fck = 9 MPa, preparo em betoneira e lanç.	m <sup>3</sup>	2,02
2.83	Concreto magro, preparo em betoneira e lanç.	m <sup>3</sup>	3,93
2.84	Aço CA-60 fornec. Dobr. Colocação	kg	213,00
<b>Drenos</b>			
2.85	Fornecimento e lançamento de brita em vala	m <sup>3</sup>	391,97
2.86	Fornecimento e colocação geotextil n/tecido(GNT)	m <sup>2</sup>	5.631,82
2.87	Fornecimento e instalação de tubo PEAD 150 mm para dreno	m	1.262,16
2.88	Escavação manual de vala 1a. cat.	m <sup>3</sup>	419,11
2.89	Fornecimento e instalação de tubo PEAD 200 mm para dreno	m	1.357,29
<b>3 Pavimentação</b>			
3.1	C.B.U.Q. c/asf.modificado por borracha excl. fornec. Asfalto	t	5.139,38

Item	Descrição da Atividade	Unidade	Quantidade
3.2	C.B.U.Q. - na usina excl. fornec. do CAP (acima de 10.000 t)	t	12.900,64
3.3	TSD exclusive fornecimento da emulsão	m <sup>2</sup>	114.584,49
3.4	Contenção Lateral com solo local	m <sup>3</sup>	5.661,71
3.5	Demolição mecânica de pavimento	m <sup>3</sup>	9.738,67
3.6	Fresagem descontínua a frio	m <sup>3</sup>	18,98
3.7	Imprimação impermeab. exclusive fornec. da emulsão	m <sup>2</sup>	55.279,42
3.8	Pintura de ligação exclusive fornec. da emulsão	m <sup>2</sup>	226.746,60
3.9	Pintura de cura (0,50l/m <sup>2</sup> ), exclusive fornec. emulsão RR-1C	m <sup>2</sup>	179.484,34
3.10	Regularização compac.subleito S.A.F. 100% PI	m <sup>2</sup>	127.145,78
3.11	Solo arenoso fino (base) 100% PM	m <sup>3</sup>	11.118,12
3.12	Solo cimento mist. Usina (Sub-base)	m <sup>3</sup>	17.559,65
3.13	Solo cimento mist. usina (Base)	m <sup>3</sup>	17.036,70
<b>4 Ligantes Betuminosos</b>			
4.1	Fornecimento de emulsão asfáltica EAI p/imprimação	t	66,34
4.2	Fornecimento de CAP-50/70	t	735,34
4.3	Fornecimento de asfalto modificado por borracha	t	308,36
4.4	Fornecimento de emulsão asfáltica RR-2C-E com polímero	t	401,05
4.5	Fornecimento de emulsão asfáltica RR-1C	t	89,74
4.6	Fornecimento de emulsão asfáltica RR-2C	t	113,37
<b>5 OAE - Viaduto km 174+630</b>			
<b>5.1 Infraestrutura e Mesoestrutura</b>			
5.1.1	Concreto fck=25 MPa, com bombeamento	m <sup>3</sup>	410,80
5.1.2	Aço CA-60 fornec. Dobr. Colocação	kg	17.883,00
5.1.3	Aço CA-50 fornec. Dobr. Colocação	kg	10.972,00
5.1.4	Formas de madeira compensada resinada	m <sup>2</sup>	1.265,00
5.1.5	Execução de estaca hélice contínua $\varnothing=60\text{cm}$ em solo, exclusive materiais	m	722,50
5.1.6	Demolição de concreto armado	m <sup>3</sup>	2,12
5.1.7	Fornecimento Tirantes Re-Injetáveis – Aço Dywidag ST 85/105 19 mm	m	92,00
5.1.8	Fornecimento Tirantes Re-Injetáveis – Aço Dywidag ST 85/105 32 mm	m	950,00
5.1.9	Execução de Tirantes Re-Injetáveis – Aço Dywidag ST 85/105 19 mm, incluso perfuração em solo, preparo e colocação dos tirantes e injeção de calda de cimento	m	92,00
5.1.10	Execução de Tirantes Re-Injetáveis – Aço Dywidag ST 85/105 32 mm, incluso perfuração em solo, preparo e colocação dos tirantes e injeção de calda de cimento	m	950,00
<b>5.2 Superestrutura</b>			
5.2.1	Concreto usinado comercial 30 MPa, com bombeamento	m <sup>3</sup>	230,15
5.2.2	Aço CA-50 fornec. Dobr. Colocação	kg	32.898,00
5.2.3	Formas de madeira compensada resinada	m <sup>2</sup>	1.405,49

Item	Descrição da Atividade	Unidade	Quantidade
5.2.4	Aço para concreto protendido CP-190 – RB 12,7	kg	5.371,50
5.2.5	Fornecimento de bainhas Ø80/85	m	435,00
5.2.6	Fornecimento de anc. p/ cabos protendidos, ativa 14 fios - 12,70 mm e componentes	ud	30,00
5.2.7	Instalação de ancoragens ativas 14 fios - 12,70 mm e componentes	ud	30,00
5.2.8	Instalação de bainhas Ø80/85 e injeção de calada de cimento	m	435,00
5.2.9	Protensão de aço para concreto protendido CP-190 – RB 12,7	kg	5.371,50
<b>5.3 Serviços complementares</b>			
5.3.1	Manuseio, lançamento e posicionamento no vão, de vigas pré-moldadas 57,8Tf L=26,50 m c/ guindaste	ud	5,00
5.3.2	Manuseio, lançamento e posicionamento de pré-lajes com guindaste	dia	3,00
5.3.3	Fornecimento e aplicação de Junta/retração c/ labio polimérico. (Juntas JEENE JJ5070 VV)	m	29,70
5.3.4	Apoio elastomérico fretado fornec colocação	kg	455,68
5.3.5	Concreto magro, preparo em betoneira e lanç.	m <sup>3</sup>	5,40
5.3.6	Fornecimento e colocação de tubo de PVC 100mm nas barreiras	m	6,40
<b>6 Sinalização e Dispositivos de Segurança Viária</b>			
6.1	Faixa de sinalização horizontal c/tinta resina acrílica base água	m <sup>2</sup>	4.961,51
6.2	Faixa de sinalização horizontal c/tinta resina acrílica base solvente	m <sup>2</sup>	2.114,12
6.3	Tacha refletiva bidirecional	ud	290
6.4	Tacha refletiva monodirecional	ud	4.053,00
6.5	Placa sinalização c/ película refletiva	m <sup>2</sup>	106,79
6.6	Suporte de madeira 3"x3" p/ placa sinalização	ud	85
6.7	Placa sinalização retirar	m <sup>2</sup>	35,16
6.8	Suporte de madeira 3"x3" retirar	ud	45
6.9	Barreira dupla de concreto, armada, nível contenção TL4, executada c/ extrusora (NBR 14885/16)	m	518,26
6.10	Barreira simples de concreto, armada, nível contenção TL4, executada c/ extrusora (NBR 14885/16)	m	800,03
6.11	Defensa simples semi-maleável c/ espaçador e calço	m	4.870,00
6.12	Fornecimento e instalação de terminal amortecedor de impacto tipo X-Lite ou similar, para velocidade 80 km/h, de acordo com a ABNT NBR 15486-2016 - (12 m)	ud	18
6.13	Transição tripla onda para barreira de concreto (lâmina tripla) (10 m)	cj	8
6.14	Fornecimento e instalação de delineador Catadióptrico para barreira - Película Al III branca	ud	83
6.15	Fornecimento e instalação de delineador Catadióptrico para defesa - Película Al III branca	ud	281
<b>7 Paisagismo</b>			
7.1	Hidrossemeadura	m <sup>2</sup>	153.214,00

Item	Descrição da Atividade	Unidade	Quantidade
<b>8 Contenções</b>			
<b>8.1 Contenção em solo grampeado com face em concreto projetado - 8728+010 - 8737+010</b>			
8.1.1	Taxa de mobilização para execução de contenção em solo grampeado	ud	1,00
8.1.2	Preparo e instalação de grampos em aço CA-50 Ø 25 mm, incluso perfuração Ø 3" em solo, pintura epóxi, mangueiras de injeção e espaçadores	m	7.120,00
8.1.3	Instalação de tela metálica tipo Telcon Q-138 e espaçadores	kg	9.911,38
8.1.4	Fornecimento, preparo e instalação de barbacã com tubo de PEAD cor. 50 mm, brita e geotêxtil não tecido	ud	364,00
8.1.5	Execução de concreto projetado fck 25 MPa	m <sup>3</sup>	409,56
8.1.6	Andaime suspenso de madeira, inclusive plataforma	m <sup>3</sup>	135,00
<b>8.2 Contenção em Aterro Armado - 8818+015 a 8832+000</b>			
8.2.1	Fornecimento e instalação de blocos Terraex W 6 MPa para montagem do muro de solo reforçado	ud	8151
8.2.2	Fornecimento e instalação de Geogrelha unidirecional com resistência a tração de 80 kN/m <sup>2</sup> na longitudinal e 30 kN/m <sup>2</sup> na transversal do rolo da geogrelha	m <sup>2</sup>	4564,8
8.2.3	Lançamento e compactação manual de brita na contenção	m <sup>3</sup>	103,455
8.2.4	Lançamento e compactação manual de areia na contenção	m <sup>3</sup>	243,243
8.2.5	Fornecimento e instalação de tubo PEAD 4" para dreno	m	300
8.2.6	Concreto Fck = 25 MPa, preparo em betoneira e lanç.	m <sup>3</sup>	16,38
8.2.7	Formas de madeira comum	m <sup>2</sup>	136,5
8.2.8	Concreto Fck = 20 MPa, preparo em betoneira e lanç.	m <sup>3</sup>	20,48
8.2.9	Aço CA-50 fornec. Dobr. Colocação	kg	1.311,16
<b>9 Obras Complementares</b>			
9.1	Cerca 4 fios c/ mourões de concreto	m	11.191,00
9.2	Remoção de Cercas	m	842,00
9.3	Demolição de Alvenaria (Muro)	m <sup>3</sup>	6,30
9.4	Remoção de portão	ud	1,00
<b>9.5 Calçada em concreto</b>			
9.5.1	Regularização e compactação manual de passeios	m <sup>2</sup>	2.902,95
9.5.2	Lastro de Brita	m <sup>3</sup>	290,30
9.5.3	Concreto Fck = 20 MPa, preparo em betoneira e lanç.	m <sup>3</sup>	232,24
9.5.4	Formas de madeira compensada resinada	m <sup>2</sup>	312,44
9.5.5	Fornecimento e assentamento de piso tátil c/ladrilho hidráulico(40x40cm)	m <sup>2</sup>	33,60
9.5.6	Meio fio de concreto Tipo 8 (pré-moldado)	m	133,5
<b>10 Iluminação</b>			

Item	Descrição da Atividade	Unidade	Quantidade
10.1	Fornecimento, preparo e instalações para iluminação	vb	1
<b>11 Rede elétrica</b>			
11.1	Fornecimento, preparo e instalações da rede elétrica, incluindo relocações e extensões	vb	1
<b>12 Interferências</b>			
12.1	Demolição de construções provisórias de madeira, sem reaproveitamento	m <sup>3</sup>	44,82
<b>13 Sinalização provisória para obras</b>			
13.1	Colocação de cone PVC flexível refletivo h=75cm NBR 15071 na pista	ud	425
13.2	Placa sinalização c/ película refletiva	m <sup>2</sup>	121,2
13.3	Suporte de madeira 3"x3" p/ placa sinalização	ud	128
13.4	Faixa de sinalização horizontal provisória	m <sup>2</sup>	523,5
14	Programas de gerenciamento de Meio-Ambiente	vb	1
15	Mobilização e Desmobilização	vb	1

O custo das instalações provisórias e canteiros deverá ser distribuído nos itens descritos na tabela anterior.



## **6 PLANO DE EXECUÇÃO DE OBRA**

### **6.1 ETAPAS CONSTRUTIVAS**

Apresenta-se aqui um conjunto de orientações gerais inerentes aos serviços executivos de implantação do projeto. Os assuntos foram subdivididos de acordo com a modalidade dos serviços. Ressalta-se aqui que todas as especificações de serviço e normas de execução devem ser respeitadas.

Este relatório possui como principal fonte o “IPR-742 - Manual de Implantação Básica de Rodovia – 3ª Edição” (DNIT,2010).

#### **6.1.1 Serviços Topográficos**

Preliminarmente ao processo de locação da obra, deve-se verificar e checar os apoios topográficos implantados quando da elaboração do projeto de engenharia, bem como as condições de materialização dos pontos de amarração dos elementos de planimetria e altimetria e das referências de nível, tanto da linha geral quanto das áreas de empréstimos, jazidas e bota-foras.

Em estradas, a principal locação se refere ao eixo, pois ele é o mais importante e, uma vez marcado, permite fazer o resto das marcações. A marcação do eixo é feita colocando-se piquetes e estacas distanciadas entre si. Geralmente, se colocam estas marcas a cada 20 m em tangente e, nos trechos em curva, para melhor visualizar-se a estrada, colocam-se os piquetes e estacas, em geral, a cada 10 m (meia estaca).

A partir da locação do eixo são marcadas as laterais da estrada, através de piquetes e estacas chamadas de off-sets. Para que se tenha uma perfeita marcação de off-sets é indispensável que a locação pelo eixo esteja convenientemente nivelada, que sejam reproduzidas as seções transversais da estrada e que se determine onde é necessário cortar e aterrar.

Nos aterros, preferem-se marcar estes off-sets afastados 1,00 m na horizontal dos seus pés, para que essas marcações não sejam danificadas. Em seguida, um topógrafo deve nivelar todos estes offsets, separando os da esquerda e da direita, podendo-se fechar esse nivelamento com as cotas indicadas na nota de serviço.

Depois de feita a limpeza do terreno e o desmatamento, por melhores que sejam os cuidados na execução desses serviços sempre acontecem danos às marcações havendo, pois, a necessidade de verificar a marcação do eixo e dos offsets. Esta nova marcação se chama de relocação.

## **6.1.2 Serviços de Terraplenagem**

### **Desmatamento, Destocamento e Limpeza**

Executar a limpeza do terreno, removendo todas as árvores, arbustos e a camada vegetal. Na operação de limpeza e desmatamento, são usados tratores de esteiras e motosserras. Após a operação de limpeza da área é necessário remover a vegetação que foi derrubada. Isto pode ser feito com o uso de pás carregadeiras e caminhões.

Devem ser previamente assinalados, mediante caiação, as árvores que devem ser preservadas e as toras que pretende reservar, as quais devem ser então, transportadas para local determinado, visando posterior aproveitamento.

A limpeza deve ser sempre iniciada pelo corte das árvores e arbustos de maior porte, tomando-se os cuidados necessários para evitar danos às árvores a serem preservadas, linhas físicas aéreas ou construções nas vizinhanças.

Para a maior garantia / segurança as árvores a serem cortadas devem ser amarradas e, se necessário, o corte deve ser efetuado em pedaços, a partir do topo.

É muito importante nessa etapa verificar as consonantes ambientais dos serviços.

Deve-se remover também as cercas, construções e qualquer outra estrutura que esteja dentro do limite do “offset”, além de relocar as estruturas de serviços, como postes, linhas de fibra óticas, adutoras, etc.

### **Cortes**

Para início dos serviços de terraplenagem deve-se observar a distribuição do material de acordo com o Projeto Executivo. Devido às características geotécnicas dos materiais do trecho, indica-se escavação e lançamento em aterros comerciais licenciados. Assim, o presente projeto não prevê utilização em aterros. Indica-se utilização de solo local apenas para conformação do canteiro/saia do pavimento.

O início e desenvolvimento dos serviços de escavações de materiais, objetivando a implantação de segmento viário em corte, se condicionam à prévia e rigorosa observância do disposto a seguir:

As áreas a serem objeto de escavação, para efeito da implantação de segmento de corte, devem apresentar-se convenientemente desmatadas e/ou destocadas e estando o respectivo entulho devidamente removido.

As obras-de-arte correntes, previstas para execução de tais segmentos em aterro, devem estar devidamente construídas e concluídas.

As marcações do eixo e dos off sets, bem como as referências de nível (RN) relacionadas com os segmentos interferentes com os serviços, devem, após as operações de desmatamento e destocamento, ser devidamente checadas e, se for o caso, revistas, de sorte a guardarem consonância com o Projeto Geométrico.

Os locais definidos em projeto para bota-foras e/ou praças para depósitos provisórios de materiais oriundos do corte em foco, devem estar convenientemente preparados e aptos a receberem os respectivos materiais de deposição e as operações consequentes.

A tendência para execução dos serviços para escavação de solos na área rodoviária é a utilização de escavadeiras (retroescavadeiras), conjugada com a utilização de caminhões.

O acabamento dos taludes e da plataforma, para conformá-los às cotas e configurações definidas no projeto, deve ser feito com motoniveladora.

Para compensar os volumes inservíveis, indica-se aquisição de material pétreo para execução dos aterros.

Observar que as operações de corte incluem o rebaixamento do greide na espessura indicada no projeto de terraplenagem, necessário à execução da camada final de terraplenagem, em operações de aterro.

### **Aterros**

Para execução dos aterros, transportar os materiais provenientes de escavações dos off-sets e empréstimos, lançar e espalhar o material em camadas (verificar espessura

de acordo com camada do aterro e tipo de material). Trabalhar o material de acordo com a especificação. O material deverá ser espalhado e compactado mecanicamente, através de rolos específicos para cada material. No caso de aterros com materiais rochosos o diâmetro máximo dos blocos deve ser respeitado (2/3 da espessura da camada compactada). Obedecer à inclinação dos taludes definidas pelo projeto executivo, previamente marcados pela topografia. Para camadas finais, indica-se uso de solo local e empréstimos compactados a 100% do PI. Este material deverá receber compactação com energia e equipamentos compatíveis. As camadas compostas pelo material pétreo deverão estar rigorosamente travadas através de variação granulométrica do material. Para liberação da execução do pavimento, a última camada da camada final deverá estar aprovada nos critérios de liberação de camadas do Projeto de Pavimentação.

### **6.1.3 Serviços de Drenagem**

#### **Drenagem – Bueiros de Greide**

Para a execução de bueiros de greide com tubos de concreto, deve ser adotada a seguinte sistemática:

- Interrupção da sarjeta ou da canalização coletora junto ao acesso do bueiro e execução do dispositivo de transferência para o bueiro, como: caixa coletora, caixa de passagem ou outro indicado;
- Escavação em profundidade que comporte o bueiro selecionado, garantindo inclusive o recobrimento da canalização;
- Compactação do berço do bueiro, de forma a garantir a estabilidade da fundação e a declividade longitudinal indicada;
- Execução da porção inferior do berço com concreto de resistência  $f_{ck} \min > 15$  MPa, com a espessura de 10 cm;
- Colocação, assentamento e rejuntamento dos tubos, com argamassa cimento-areia, traço 1:4, em massa;

- Complementação do envolvimento do tubo com o mesmo tipo de concreto, obedecendo à geometria prevista no projeto, e posterior reaterro com recobrimento mínimo de 0,60m acima da geratriz superior da canalização.

### **Drenagem Superficial**

Seguir as notas de serviço constantes do Projeto de Execução para a execução dos serviços de Drenagem Superficial. As valas de proteção, tanto de corte como de aterro, poderão ser executadas logo após a complementação dos serviços de terraplenagem nos trechos considerados. Já as sarjetas indicadas para o canteiro central e para os bordos da plataforma, deverão ser executadas após os serviços de conformação do canteiro e de pavimentação da pista, respectivamente.

A execução das sarjetas deverá, sempre, levar em consideração o sentido de escoamento e os locais de saída (junto ao terreno natural, em descidas d'água ou em caixas coletoras) constantes das notas de serviço, tomando-se sempre o cuidado de impedir a formação de pontos baixos intermediários que possam vir a ser locais de acúmulo de água.

As sarjetas e valetas revestidas de concreto podem ser moldadas —in loco ou pré-moldadas, atendendo ao disposto no projeto ou em consequência de imposições construtivas. A execução das sarjetas de corte deve ser iniciada após a conclusão de todas as operações de pavimentação, que envolvam atividades na faixa anexa à plataforma, cujos trabalhos de regularização ou acerto possam danificá-las.

No caso de banquetas de escalonamentos e valetas de proteção, quando revestidas, as sarjetas devem ser executadas logo após a conclusão das operações de terraplanagem, precedendo a operação de plantio ou colocação de revestimento dos taludes.

O preparo e a regularização da superfície de assentamento devem ser executados com operação manual, envolvendo cortes, aterros ou acertos, de forma a atingir a geometria projetada para cada dispositivo.

No caso de valetas de proteção de aterros ou cortes, admite-se, opcionalmente, a associação de operações manual e mecânica, mediante emprego de lâmina de

motoniveladora, pá carregadeira equipada com retroescavadeira ou valetadeira adequadamente dimensionada para o trabalho.

Os materiais empregados para camadas preparatórias para o assentamento das sarjetas devem ser os próprios solos existentes no local, ou mesmo, material excedente da pavimentação, no caso de sarjetas de corte.

Em qualquer condição, a superfície de assentamento deve ser compactada, de modo a resultar uma base firme e bem desempenada.

Os materiais escavados e não utilizados nas operações de escavação e regularização da superfície de assentamento devem ser destinados a bota-fora, cuja localização deve ser definida de modo a não prejudicar o escoamento das águas superficiais.

Para as valetas, os materiais escavados devem ser aproveitados na execução de uma banquetas de material energeticamente compactado junto à borda de jusante da valeta de proteção do corte, ou de modo a conformar o terreno do aterro, na região situada entre a borda de jusante da valeta de proteção e o offset do aterro.

Para marcação da localização das valetas devem ser implantados gabaritos constituídos de guias de madeira, servindo de referência para concretagem, cuja seção transversal corresponda às dimensões e forma de cada dispositivo, e com a evolução geométrica estabelecida no projeto, espaçando-se estes gabaritos em 3,0 m, no máximo.

A concretagem deve envolver um plano executivo, prevendo o lançamento do concreto em lances alternados.

O espalhamento e acabamento do concreto devem ser feitos mediante o emprego de ferramentas manuais, em especial, de uma régua que, apoiada nas duas guias adjacentes, permite a conformação da sarjeta ou valeta à seção pretendida.

A retirada das guias dos segmentos concretados deve ser feita logo após constatar-se o início do processo de cura do concreto.

O espalhamento e acabamento do concreto dos segmentos intermediários devem ser feitos com apoio da régua de desempenho, no próprio concreto dos trechos adjacentes.

A cada segmento, com extensão máxima de 12,0 m, deve ser executada uma junta de dilatação, preenchida com argamassa asfáltica.

Quando especificado no projeto, deve ser aplicado revestimento vegetal, de forma a complementar o acabamento do material apiloado contíguo ao dispositivo.

As saídas d'água das sarjetas devem ser executadas de forma idêntica às próprias sarjetas, sendo prolongadas por cerca de 10 m, a partir do final do corte, com deflexão que propicie o seu afastamento da borda da plataforma (bigodes).

Esta extensão deve ser ajustada às condições locais, de modo a evitar os efeitos destrutivos de erosão.

O concreto utilizado, no caso de dispositivos revestidos, deve ser preparado em betoneira, com fator água/cimento apenas suficiente para alcançar trabalhabilidade, e em quantidade suficiente para o uso imediato, não sendo permitida a sua redosagem.

A execução de sarjetas e valetas com revestimento vegetal deve ser iniciada com o preparo e a regularização da superfície de assentamento, seguindo-se as mesmas prescrições apresentadas para os dispositivos com revestimento de concreto.

A disposição do material escavado deve atender, igualmente, ao disposto para sarjetas e valetas revestidas de concreto.

Concluída a regularização da superfície de assentamento e verificadas as condições de escoamento, deve ser aplicada camada de terra vegetal, previamente selecionada e adubada, de modo a facilitar a germinação da grama.

As leivas selecionadas devem ser então, colocadas sobre a camada de terra vegetal e compactadas com soquetes de madeira, recomendando-se o emprego de gramíneas de porte baixo, de sistema radicular profundo e abundante, nativas da região, e podadas rentes, antes de sua extração.

O revestimento vegetal aplicado deve ser periodicamente irrigado, até constatar-se a sua efetiva fixação nas superfícies recobertas.

Durante o período remanescente da obra, deve ficar a cargo da executora a recomposição de eventuais falhas em que não tenha sido bem sucedido o plantio, ou em locais onde se tenha constatado a danificação do revestimento vegetal aplicado.

## **Drenagem Profunda**

Seguir as indicações constantes do projeto, quanto à localização prevista para os drenos profundos. A execução destes serviços deverá se dar logo após a conclusão das atividades de terraplenagem nos locais de implantação. Todos os materiais a empregar deverão estar de acordo com as respectivas especificações de serviço.

As valas devem ser escavadas de acordo com a largura, o alinhamento e as cotas indicados no projeto.

Os tubos de tipo e dimensões requeridas devem ser assentados em berços, adequadamente compactados e acabados, de modo a serem preservadas as cotas de projeto, perfeitamente estáveis para o carregamento previsto.

O material de envolvimento dos drenos deve ser firmemente adensado, adotando-se compactador vibratório, de modo a garantir a imobilidade dos tubos, as espessuras das camadas e a perfeita graduação granulométrica dos materiais drenante e filtrante.

As juntas da ponta e da bolsa devem ser colocadas, de modo que as bolsas fiquem voltadas para o lado ascendente da declividade.

A parte superior da vala deve então ser preenchida com material argiloso, caso indicado no projeto, cuidando-se, quando da utilização de bases granulares, para que haja a continuidade de permeabilidade, de modo a favorecer o esgotamento das águas que, por infiltração, possam ficar retidas na camada.

Todos os materiais de enchimento devem ser compactados com equipamentos vibratórios e na umidade adequada para o perfeito adensamento das camadas.

### **6.1.4 Serviços de Pavimentação**

Na sequência apresentam-se as particularidades para os serviços utilizados na pavimentação.

#### **Regularização do Subleito**

É o conjunto de operações que visa conformar a camada final de terraplenagem, mediante cortes e/ou aterros de até 0,20 m, conferindo-lhe condições adequadas em termos geométricos e de compactação.

A Especificação a ser seguida para o desenvolvimento dos trabalhos é DER/PR ES-P 01/05 e deve ser executada prévia e isoladamente da construção de outra camada do pavimento.

Os materiais empregados na regularização do subleito deverão apresentar características iguais ou superiores às especificadas para a camada final de terraplenagem.

São indicados os seguintes tipos de equipamento para a execução de regularização:

- a) Motoniveladora pesada, com escarificador;
- b) Caminhão-tanque irrigador;
- c) Rolos compactadores compatíveis com o tipo de material empregado;
- d) Pá-carregadeira;
- e) Caminhão basculante.

Inicialmente é procedida uma verificação geral, mediante nivelamento geométrico, para na sequência iniciar a escarificação geral da superfície, com profundidade de até 0,2m abaixo da plataforma de projeto. O material espalhado é pulverizado, homogeneizado, mediante ação combinada da grade de discos e da motoniveladora. Estas operações devem prosseguir até que o material apresente-se visualmente homogêneo e isento de grumos ou torrões.

Previamente à compactação verifica-se o teor de umidade dos materiais, corrigindo-o se necessário. No caso da umidade estar abaixo do limite mínimo especificado, deve-se umedecer a camada, através de caminhão-tanque irrigador. Se, por outro lado, o teor de umidade exceder o limite superior especificado, o material deve ser aerado, mediante ação conjunta da grade de disco e da motoniveladora.

Concluída a correção da umidade, inicia-se a compactação utilizando o equipamento compatível com o tipo de material.

### **Sub-base e base de solo arenoso fino**

Os serviços de execução somente poderão ser iniciados, após o preparo prévio da superfície a receber a camada de solo arenoso fino (regularização do subleito ou sub-base), além da implantação de sinalização adequada, visando à segurança do tráfego

no segmento rodoviário. Destaca-se também que não será possível a realização do serviço em dias de chuva.

A superfície que vai receber a camada de base ou sub-base de solo-cimento deve apresentar-se limpa, isenta de pó ou outras substâncias prejudiciais.

Os caminhões basculantes descarregam as respectivas cargas em pilhas com adequado espaçamento, destacando que não é permitido o transporte do solo para a pista, quando o subleito ou a camada subjacente estiverem molhados.

Na sequência é efetuado o espalhamento mediante atuação da motoniveladora, para então iniciar-se a pulverização e o umedecimento visando obter, em toda a camada solta, uma condição de umidade homogênea.

A correção e a uniformização da umidade são conseguidos através da ação combinada de grade de disco, enxada rotativa e eventual aspersão de água pelo caminhão irrigador.

Encerrada a fase de correção e a uniformização da umidade, com o emprego da motoniveladora é feita a conformação da camada, destacando que é essencial conferir a espessura da camada solta, a fim de evitar adição de material na fase de acabamento.

Após a conformação inicia-se a compactação através do emprego de rolo pé-de-carneiro de patas longas, cuja atuação deve prosseguir até que não haja mais penetração das patas na camada. Na sequência segue-se com a atuação do rolo corrugado vibratório, até se atingir o grau de compactação desejado. Por fim, a compactação de acabamento deve ser feita através de rolos pneumáticos.

Para o bom desempenho da camada de solo arenoso fino, é fundamental evitar práticas de compactação que levem a formação de lamelas. Para tal, somente utilizar rolos que possuam patas de superfície plana.

Após o acabamento a camada deve ser imprimada a fim de promover coesão superficial por penetração do material asfáltico.

### **Base e Sub-base de solo-cimento**

O solo-cimento é o produto resultante da mistura, de solo, cimento Portland e água, adequadamente compactada e submetida a processo eficiente de cura. No presente projeto indica-se que essa mistura seja realizada na pista.

Após misturação, compactação e cura, a mistura adquire propriedades físicas específicas para atuar como camada de base ou sub-base de pavimentos.

O solo-cimento foi indicado neste projeto para atuar como base e sub-base do pavimento projetado para a pista e os serviços de usinagem e espalhamento do solo-cimento devem seguir os requisitos da especificação DER/PR ES-P 11/18.

Para a produção do solo-cimento com mistura na pista, deve-se utilizar: pá-carregadeira, caminhões basculantes, motoniveladora pesada com escarificador, recicladora, rolos compactadores do tipo pé-de-carneiro “pata longa”, rolos compactadores vibratórios corrugados, rolos compactadores pneumáticos, de pressão regulável, compactadores portáteis, manuais ou mecânicos e ferramentas manuais diversas.

A superfície que vai receber a camada de base ou sub-base de solo-cimento deve apresentar-se limpa, isenta de pó ou outras substâncias prejudiciais.

Os caminhões basculantes descarregam as respectivas cargas em pilhas com adequado espaçamento, destacando que não é permitido o transporte do solo para a pista, quando o subleito ou a camada subjacente estiverem molhados.

Na sequência é efetuado o espalhamento mediante atuação da motoniveladora, para então iniciar-se a distribuição do cimento uniformemente na superfície, em toda a largura de faixa, segundo o teor especificado.

Imediatamente após a distribuição do cimento, é procedida a mistura deste com o solo, pela ação da recicladora, que simultaneamente promove a devida pulverização, umidificação e homogeneização.

Encerrada a fase de mistura, com o emprego da motoniveladora é feita a conformação da camada. Imediatamente após a conformação inicia-se a compactação através do emprego de rolos vibratórios corrugados e rolos pneumáticos de pressão regulável.

A superfície do solo-cimento deve ser protegida contra a evaporação da água por meio aplicação de emulsão asfáltica diluída em água, do tipo RR-1C (denominada Pintura de Cura). A película protetora deve ser aplicada em quantidade suficiente para construir uma membrana contínua. Este procedimento deve ser executado imediatamente após o término da compactação da sub-base, e deve ser repetido imediatamente após o término da compactação da base. Previamente à aplicação da pintura de cura, se necessário, a camada deve ser adequadamente umedecida.

A aplicação da emulsão sobre a camada só deve ser executada se a camada tiver sido liberada pela fiscalização. No caso de ocorrência de chuvas, antes da aplicação da imprimação, a camada de solo-cimento deve ser removida e refeita.

### **Imprimação**

A Imprimação consiste na aplicação de material asfáltico sobre a superfície da sub-base e da base de solo arenoso fino concluída, com o objetivo de conferir coesão superficial e impermeabilização antes da aplicação do revestimento asfáltico. Devem ser seguidos os parâmetros apresentados na DER/PR ES-P 17/17.

Antes da execução dos serviços, deve ser implantada a adequada sinalização, visando à segurança do tráfego no segmento rodoviário, e efetuada sua manutenção permanente durante a execução dos serviços.

Após a perfeita conformação geométrica da base, proceder à varredura da superfície, de modo a eliminar todo e qualquer material solto.

Antes da aplicação da emulsão asfáltica (EAI) a pista pode ser levemente umedecida.

Aplica-se, a seguir, a emulsão asfáltica, na temperatura adequada, na quantidade recomendada e de maneira uniforme. A temperatura de aplicação do ligante asfáltico deve ser fixada para o tipo de ligante, em função da relação temperatura x viscosidade, escolhendo-se a temperatura que proporcione a melhor viscosidade para seu espalhamento.

A faixa de viscosidade recomendada para espalhamento da EAI é de 20 a 100 segundos Saybolt Furol (NBR 14.491:2007).

A tolerância admitida para a taxa de aplicação do ligante asfáltico definida pelo projeto e ajustada experimentalmente no campo é de  $\pm 1,2$  l/m<sup>2</sup>.

Deve-se imprimir a largura total dos acostamentos, marginais e alças em um mesmo turno de trabalho e deixá-la, sempre que possível fechada ao tráfego. Quando isto não for possível, trabalha-se em uma faixa de tráfego e executa-se a imprimação da faixa de tráfego adjacente assim que a primeira for liberada ao tráfego. O tempo de exposição da base imprimada ao tráfego, depois da efetiva cura, deve ser condicionado ao comportamento da mesma, não devendo ultrapassar 30 dias.

A fim de evitar a superposição ou excesso nos pontos iniciais e finais das aplicações devem ser colocadas faixas de papel transversalmente na pista, de modo que o início e o término da aplicação do ligante asfáltico situem-se sobre essas faixas, as quais devem ser a seguir, retiradas. Qualquer falha na aplicação do ligante asfáltico deve ser imediatamente corrigida.

### **Pintura de Ligação**

A pintura de ligação deverá seguir os preceitos da especificação DER/PR ES-P 17/17 e será aplicada entre as duas camadas asfálticas previstas na linha geral, como forma de reavivar a condição ligante da pintura de cura aplicada sobre a base cimentada e propiciar uma melhor aderência entre as duas camadas asfálticas. Já para os acostamentos, marginais e alças haverá a aplicação de apenas uma pintura de ligação que será executada após o tratamento superficial duplo com polímero, com o objetivo de melhorar a aderência entre o TSD e a camada asfáltica a ser sobreposta.

O ligante asfáltico não deve ser distribuído quando a temperatura ambiente for inferior a 10 °C, ou em dias de chuva, ou quando a superfície a ser pintada apresentar qualquer sinal de excesso de umidade.

Sinalizar e isolar completamente o trecho a receber a pintura para evitar que qualquer tráfego entre no trecho antes da efetiva cura.

Varrer ou soprar o trecho para remover toda poeira ou partículas soltas, umedecer levemente o trecho e então aplicar o ligante na taxa e temperatura adequadas, de maneira uniforme. Definir a temperatura de aplicação em função da viscosidade do ligante.

O ligante asfáltico empregado na pintura de ligação deverá ser a emulsão tipo RR-2C, em conformidade com a norma DNER-EM 369/97.

### **Tratamento Superficial Duplo com Polímero - TSD**

Tratamento superficial duplo é o serviço que envolve aplicações alternadas de ligante asfáltico e agregados minerais, constituído por duas aplicações sucessivas de ligante asfáltico modificado por polímero do tipo SBS, cobertas cada uma por camada de agregado mineral, submetidos à compressão.

A execução deste serviço deverá seguir os procedimentos descritos na DER/PR ES-P 36/17.

Não é permitida a execução dos serviços sob condições climáticas adversas, tais como, chuva ou temperaturas inferiores a 10°C.

Os agregados podem ser rocha sã ou seixo rolado, britados. Devem consistir de partículas limpas, duras, duráveis, livre de partículas lamelares ou alongadas, macias ou de fácil desintegração e de outras substâncias ou contaminações prejudiciais. Além disso devem apresentar as seguintes características:

- desgaste Los Angeles igual ou inferior a 40% (DNER-ME 035);
- índice de forma superior a 0,5 (DNER-ME 086);
- durabilidade, perda inferior a 12% para agregado graúdo e 15% para agregado miúdo (DNER-ME 089);
- granulometria do agregado (DNER-ME 083), obedecendo preferencialmente a faixa Duplo B, conforme a tabela a seguir.

Quadro 3: Tratamento Superficial Duplo – TSD						
Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em peso				Tolerâncias da faixa de projeto
ABNT	Abertura, mm	Duplo A		Duplo B		
		1ª cam.	2ª cam.	1ª cam.	2ª cam.	
1"	25,4	100	–	–	–	± 7
3/4"	19,1	90 – 100	–	–	–	± 7
1/2"	12,7	20 – 45	100	100	–	± 7
3/8"	9,5	0 – 10	80 – 100	85 – 100	100	± 7
nº 4	4,8	0 – 5	40 – 70	10 – 30	85 – 100	± 5
nº 10	2,0	–	0 – 10	0 – 10	10 – 40	± 5
nº 200	0,074	0 – 1	0 – 1	0 – 1	0 – 1	± 2

Recomenda-se, de uma maneira geral, as seguintes taxas de aplicação de agregados e de cimento asfáltico.

Tratamento superficial	Agregado (kg/m <sup>2</sup> )			Ligante betuminoso (residual em l/m <sup>2</sup> )		
	Camada			Camada		
	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª
TSS – A	10 – 12	–	–	1,0 – 1,2	–	–
TSS – B	8 – 10	–	–	0,8 – 1,0	–	–
TSS AB – A	12 – 16	–	–	1,3 – 1,7	–	–
TSS AB – B	8 – 12	–	–	1,1 – 1,3	–	–
TSS AB – C	8 – 10	–	–	1,0 – 1,3	–	–
TSD – A	22 – 25	10 – 12	–	1,0 – 1,1	1,3 – 1,4	–
TSD – B	20 – 22	9 – 12	–	1,0 – 1,1	1,4 – 1,5	–
TSD AB – A	15 – 20	8 – 12	–	1,4 – 1,8	1,1 – 1,3	–
TSD AB – B	15 – 20	7 – 11	–	1,4 – 1,7	1,0 – 1,3	–
TST I – 4 (A)	13 – 16	6 – 8	4 – 6	0,6 – 0,8	0,7 – 0,9	0,6 – 0,8
TST I – 5 (B)	15 – 18	7 – 9	4 – 6	0,7 – 0,8	0,9 – 1,0	0,7 – 0,8
TST I – 6 (C)	20 – 25	10 – 13	6 – 9	0,8 – 0,9	0,9 – 1,2	0,8 – 0,9

Os equipamentos requeridos são os seguintes

a) carros distribuidores de ligante asfáltico modificado por polímero, providos de dispositivos de aquecimento, tacômetro, calibradores e termômetros, em locais de fácil acesso, e, ainda, de espargidor manual para o tratamento de pequenas superfícies e correções localizadas. As barras de distribuição devem ser do tipo de circulação plena,

com dispositivo que possibilite ajustamentos verticais e larguras variáveis de espalhamento do ligante e que permitam uma aplicação homogênea;

b) distribuidores de agregados, rebocáveis ou automotrizes, possuindo dispositivos que permitam um espalhamento homogêneo da quantidade de agregados, fixada no projeto;

c) rolos compressores do tipo tandem ou de preferência, pneumáticos, autopropulsores.

### **CAUQ convencional**

O Concreto Asfáltico (CAUQ convencional) consiste de uma mistura executada a quente, em usina apropriada, com características específicas, composta de agregado graduado, material de enchimento (filer) se necessário e cimento asfáltico, espalhada e compactada a quente.

A aplicação na pista deverá ser realizada após a execução do Tratamento Superficial Duplo Polimerizado tendo recebido previamente uma pintura de ligação.

Não será permitida a execução dos serviços, sob condições climáticas adversas, tais como chuva, ou temperaturas inferiores a 10°C e todo o carregamento de cimento asfáltico que chegar à obra deve apresentar certificado de análise além de trazer indicação clara da sua procedência, do tipo, da quantidade do seu conteúdo e da distância de transporte até o canteiro de serviço.

A composição do concreto asfáltico deve satisfazer os requisitos do quadro que consta no item 5.2.1 da DER/PR ES-P 21/17, com as respectivas tolerâncias no que diz respeito à granulometria e aos percentuais de cimento asfáltico.

As camadas de CAUQ convencional deverão ser aplicadas na pista, nos acostamentos, nas marginais e nas alças, respectivamente com 5cm, 5cm, 5cm e 4cm, após a execução da pintura de ligação. A faixa granulométrica indicada para o projeto é a faixa C, cuja distribuição é apresentada a seguir.

Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em peso					
ABNT	Abertura, mm	Faixa A	Faixa B	Faixa C	Faixa D	Faixa E	Faixa F
1 ½"	38,1	100	100	–	–	–	–
1"	25,4	95 – 100	90 – 100	100	–	–	–
¾"	19,1	80 – 100	–	90 – 100	100	100	–
½"	12,7	–	56 – 80	–	80 – 100	90 – 100	–
⅜"	9,5	45 – 80	–	56 – 80	70 – 90	75 – 90	100
n.º 4	4,8	28 – 60	29 – 59	35 – 65	50 – 70	45 – 65	75 – 100
n.º 10	2,00	20 – 45	18 – 42	22 – 46	33 – 48	25 – 35	50 – 90
n.º 40	0,42	10 – 32	8 – 22	8 – 24	15 – 25	8 – 17	20 – 50
n.º 80	0,18	8 – 20	–	–	8 – 17	5 – 13	7 – 28
n.º 200	0,075	3 – 8	1 – 7	2 – 8	4 – 10	2 – 10	3 – 10
Utilização como		Ligação		Rolamento			Reperfilagem
Variação do teor de ligante		4,0 – 5,5		4,5 – 6,0			5,0 – 6,5
Espessura máx., cm		6,0		5,0			3,0

A usina deve estar equipada com uma unidade classificadora de agregados, após o secador, dispor de misturador capaz de produzir uma mistura uniforme e provida de coletor de pó. Um termômetro, com proteção metálica e escala de 90°C a 210°C (precisão  $\pm 1^\circ\text{C}$ ), deve ser fixado no dosador de ligante ou na linha de alimentação do asfalto, em local adequado, próximo à descarga do misturador. A usina deve ser equipada, além disso, com pirômetro elétrico, ou outros instrumentos termométricos aprovados, colocados na descarga do secador, com dispositivos para registrar a temperatura dos agregados, com precisão de  $\pm 5^\circ\text{C}$ .

Transportar a massa asfáltica (CBUQ) da usina em caminhões tipo basculante cobertos com lonas, observando que a temperatura da massa cairá ao longo do percurso, e a temperatura de aplicação deve obedecer ao intervalo especificado no projeto da massa. Os caminhões, tipo basculante, para o transporte do concreto asfáltico, devem ter caçambas metálicas robustas, limpas e lisas, ligeiramente lubrificadas com água e sabão, óleo cru fino, óleo parafínico, ou solução de cal, de modo a evitar a aderência da mistura às chapas. A utilização de produtos susceptíveis de dissolver o ligante asfáltico (óleo diesel, gasolina, e outros) não são permitidos.

O equipamento para espalhamento e acabamento deve ser constituído de pavimentadoras automotrizes, capazes de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e abaulamento requeridos. As acabadoras devem ser equipadas com parafusos sem fim ou outro sistema de misturação, para colocar a mistura exatamente na faixa, e possuir dispositivos rápidos e eficientes de direção, além de

marchas para a frente e para trás. As acabadoras devem ser equipadas com alisadores e dispositivos para aquecimento, à temperatura requerida, para a colocação da mistura sem irregularidade.

O equipamento para compactação é constituído por rolo pneumático e rolo metálico liso, tipo tandem ou rolo vibratório. Os rolos pneumáticos, autopropulsores, devem ser dotados de dispositivos que permitam a calibragem de variação da pressão dos pneus de 2,5kgf/cm<sup>2</sup> a 8,4kgf/cm<sup>2</sup> (35 psi a 120 psi).

O equipamento em operação deve ser suficiente para compactar a mistura à densidade requerida, enquanto esta se encontrar em condições de trabalhabilidade.

A compactação é iniciada pelos bordos, longitudinalmente, continuando em direção ao eixo da pista. Nas curvas, a compactação deve começar sempre do ponto mais baixo para o mais alto. A operação de rolagem perdura até o momento em que a compactação especificada é atingida.

Durante a rolagem não são permitidas mudanças de direção e inversões bruscas de marcha, nem estacionamento do equipamento sobre o revestimento recém-rolado. As rodas do rolo devem ser umedecidas adequadamente, de modo a evitar a aderência da mistura.

Antes de iniciar a construção da camada de concreto asfáltico, a superfície subjacente deve estar limpa e com a pintura de ligação executada. Sendo decorridos mais de sete dias entre a execução da imprimação e a do revestimento, ou no caso de ter havido trânsito sobre a superfície imprimada, ou, ainda ter sido a imprimação recoberta com areia, pó-de-pedra, deve ser feita uma pintura de ligação.

Os cuidados observados para fins de preservação do meio ambiente envolvem a produção e aplicação de agregados, o estoque de ligante asfáltico e operação da usina.

Portanto, deverão ser seguidas todas as indicações técnicas quanto aos materiais a empregar, aos equipamentos, execução, manejo ambiental, inspeção, verificação do produto, plano de amostragem e critérios de medição constantes da especificação de serviço DER/PR ES-P 21/17.

### **CAUQ com borracha**

O Concreto Asfáltico com asfalto borracha consiste de uma mistura executada a quente, em usina apropriada, com características específicas, composta de agregado graduado, material de enchimento (filer) e ligante asfáltico modificado com adição de pó de borracha de pneumáticos, espalhada e compactada a quente.

A aplicação na pista deverá ser realizada após a execução da camada de CAUQ convencional tendo recebido previamente uma pintura de ligação.

Não será permitida a execução dos serviços, sob condições climáticas adversas, tais como chuva, ou temperaturas inferiores a 10°C e todo o carregamento de cimento asfáltico que chegar à obra deve apresentar certificado de análise além de trazer indicação clara da sua procedência, do tipo, da quantidade do seu conteúdo e da distância de transporte até o canteiro de serviço.

Com relação ao serviço: concreto asfáltico usinado a quente com asfalto borracha (DER/PR ES-P 28/18) recomenda-se a adoção da faixa para a mistura da camada de rolamento as seguintes alternativas de misturas descontínuas do tipo Gap-Graded, ambas com condições de suportar bem as condições de tráfego da PR-323, além de serem adequadas ao ligante modificado com borracha reciclada de pneu indicado no projeto e de proporcionarem a execução da espessura de 2,5 cm prevista:

Peneira de Malha Quadrada		% Passando, em peso			
ABNT	Abertura (mm)	Faixa 3/8"		Faixa 6 mm	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
3/8"	9,50	80	100	95	100
nº 4	4,80	25	40	42	55
nº 10	2,00	18	29	16	28
nº 40	0,42	9	15	8	15
nº 80	0,18	6	11	6	11
nº 200	0,07	4	7	4	7
Espessura da camada (cm)		2,5 a 4		2 a 3	

O teor de asfalto que resultará da dosagem deverá se aproximar daquele previsto no projeto, não gerando impacto financeiro ao contrato.

As faixas acima foram adaptadas da CALTRANS para melhor correspondência aos padrões de peneiras usualmente considerados pelo DER/PR e têm sido aplicadas por concessionárias de rodovias brasileiras em trechos de tráfego pesado.

Outras características a serem consideradas na formulação da mistura densa descontínua e de seus componentes são as seguintes:

Agregados:

- Cuidados especiais deverão ser tomados perante agregados com elevada absorção de água, comuns em pedreiras de rocha basáltica da região: desejável evitar o uso de agregados com mais de 1,5% de absorção; considerar o ligante absorvido pelos poros permeáveis na dosagem;
- Não deverá ser utilizada areia natural na formulação da mistura;
- Agregados deverão apresentar:
  - No ensaio de índice de forma (1:n) n menor do que 3 e no máximo 10% de partículas lamelares e alongadas com relação de tamanhos  $n > 5$  (NBR-7809);
  - Perda inferior a 12% no ensaio de Durabilidade de Sódio;
  - Percentagem de desgaste inferior a 35%, no ensaio de Abrasão Los Angeles;
  - Equivalente de areia igual ou superior a 55%.
- É obrigatória a incorporação de cal hidratada CH-1 que conduza à obtenção de uma mistura com resistência retida no ensaio a Danos por Umidade Induzida (AASHTO T-283) de, no mínimo, 70%.

Mistura Asfáltica:

PARÂMETRO	UNID.	LIMITES	
	%	Mín.	Máx.
Vazios preenchidos por asfalto	%	50	75
Vazios do agregado mineral (VAM)	%	16	
Resistência à tração por compressão diametral	daPa	5	
Danos por umidade induzida	%	70	
Volume de vazios - 75 golpes/face (Faixa 3/8")	%	4	6
Volume de vazios - 75 golpes/face (Faixa 6 mm)	%	4,5	6,5

(\*) Condições de vazios determinadas com apoio do Rice Test

Ligante Asfáltico:

- Deverá ser utilizado cimento asfáltico de petróleo modificado com borracha reciclada de pneus do tipo AB8, conforme Resolução Técnica no. 39 da ANP, de 24 de dezembro de 2008.

Recomendações de ordem executiva:

- A compactação da mistura densa descontínua deverá ser executada com rolo liso tandem vibratório, com controle de frequência e amplitude, capaz de prover frequência de vibração mínima de 2200 vpm;
- Demais padrões de execução deverão ser atendidos, conforme especificação DER/PR ES-P 28/17.

A usina deve estar equipada com uma unidade classificadora de agregados, após o secador, dispor de misturador capaz de produzir uma mistura uniforme e provida de coletor de pó. Um termômetro, com proteção metálica e escala de 90°C a 210°C (precisão  $\pm 1^\circ\text{C}$ ), deve ser fixado no dosador de ligante ou na linha de alimentação do asfalto, em local adequado, próximo à descarga do misturador. A usina deve ser equipada, além disso, com pirômetro elétrico, ou outros instrumentos termométricos aprovados, colocados na descarga do secador, com dispositivos para registrar a temperatura dos agregados, com precisão de  $\pm 5^\circ\text{C}$ .

Transportar a massa asfáltica (CBUQ) da usina em caminhões tipo basculante cobertos com lonas, observando que a temperatura da massa cairá ao longo do percurso, e a temperatura de aplicação deve obedecer ao intervalo especificado no projeto da massa. Os caminhões, tipo basculante, para o transporte do concreto asfáltico, devem ter caçambas metálicas robustas, limpas e lisas, ligeiramente lubrificadas com água e sabão, óleo cru fino, óleo parafínico, ou solução de cal, de modo a evitar a aderência da mistura às chapas. A utilização de produtos susceptíveis de dissolver o ligante asfáltico (óleo diesel, gasolina, e outros) não são permitidos.

O equipamento para espalhamento e acabamento deve ser constituído de pavimentadoras automotrizes, capazes de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e abaulamento requeridos. As acabadoras devem ser equipadas com parafusos sem fim ou outro sistema de misturação, para colocar a mistura exatamente na faixa, e possuir dispositivos rápidos e eficientes de direção, além de

marchas para a frente e para trás. As acabadoras devem ser equipadas com alisadores e dispositivos para aquecimento, à temperatura requerida, para a colocação da mistura sem irregularidade.

O equipamento para compactação é constituído por rolo pneumático e rolo metálico liso, tipo tandem ou rolo vibratório. Os rolos pneumáticos, autopropulsores, devem ser dotados de dispositivos que permitam a calibragem de variação da pressão dos pneus de 2,5kgf/cm<sup>2</sup> a 8,4kgf/cm<sup>2</sup> (35 psi a 120 psi).

O equipamento em operação deve ser suficiente para compactar a mistura à densidade requerida, enquanto esta se encontrar em condições de trabalhabilidade.

A compactação é iniciada pelos bordos, longitudinalmente, continuando em direção ao eixo da pista. Nas curvas, a compactação deve começar sempre do ponto mais baixo para o mais alto. A operação de rolagem perdura até o momento em que a compactação especificada é atingida.

Durante a rolagem não são permitidas mudanças de direção e inversões bruscas de marcha, nem estacionamento do equipamento sobre o revestimento recém-rolado. As rodas do rolo devem ser umedecidas adequadamente, de modo a evitar a aderência da mistura.

Antes de iniciar a construção da camada de concreto asfáltico, a superfície subjacente deve estar limpa e com a pintura de ligação executada. Sendo decorridos mais de sete dias entre a execução da imprimação e a do revestimento, ou no caso de ter havido trânsito sobre a superfície imprimada, ou, ainda ter sido a imprimação recoberta com areia, pó-de-pedra, deve ser feita uma pintura de ligação.

Os cuidados observados para fins de preservação do meio ambiente envolvem a produção e aplicação de agregados, o estoque de ligante asfáltico e operação da usina.

Portanto, deverão ser seguidas todas as indicações técnicas quanto aos materiais a empregar, aos equipamentos, execução, manejo ambiental, inspeção, verificação do produto, plano de amostragem e critérios de medição constantes da especificação de serviço DER/PR ES-P 28/05.

## **Fresagem a Frio**

A fresagem a frio consiste em operação em que é realizado o corte ou desbaste de uma ou mais camadas do pavimento asfáltico, por processo mecânico a frio. Neste projeto as fresagens a frio serão executadas de modo descontínuo nos encaixes entre o pavimento existente e o projetado.

Os serviços de fresagens contínuas a frio deverão seguir os requisitos da especificação DER/PR ES-P 31/05.

## 6.1.5 Serviços de Sinalização e Dispositivos de Segurança

### Sinalização Horizontal

#### ➤ Execução

- a) A fase de execução engloba as etapas de limpeza do pavimento, pré-marcação e pintura.
- b) A limpeza deve ser executada de modo a eliminar qualquer tipo de material que possa prejudicar a aderência do produto aplicado no pavimento.
- c) A pré-marcação consiste no alinhamento dos pontos locados pela equipe de pré-marcação, através dos quais o operador da máquina irá se guiar para a aplicação do material. A locação deve ser feita com base no projeto de sinalização, que norteará a aplicação de todas as faixas, símbolos e legendas.
- d) A pintura consiste na aplicação do material por equipamento adequados, de acordo com o alinhamento fornecido pela pré-marcação e pelo projeto de sinalização.
- e) As tintas devem ser misturadas, de forma a garantir a boa homogeneidade do material.
- f) As microesferas de vidro devem ser adicionadas à tinta quando da sua aplicação, na proporção determinada pelo fabricante. Pode ser adicionado solvente compatível com a tinta, na proporção máxima de 5 % (cinco por cento), em volume, para ajuste da viscosidade.

- g) O termoplástico deve ser fundido a uma temperatura entre 180°C e 200°C e agitado permanentemente para obter uma consistência uniforme durante a aplicação.
- h) A aplicação dos materiais só deverá ser realizada quando a temperatura da superfície da via estiver entre 5°C e 40°C.

➤ **Considerações gerais**

A durabilidade da sinalização horizontal é comprometida pela ação das condições climáticas e do desgaste provocado pelo tráfego, no entanto, transmite informações e advertências ao motorista sem que este desvie a atenção da rodovia.

Outro aspecto a ser ressaltado é a função orientadora para o tráfego noturno, fornecendo aos usuários a delimitação da faixa de rolamento, sem as quais se torna difícil visualizar o próprio corpo estradal, razão pela qual, segmentos novos de pista ou recapeamento jamais devem ser liberados ao tráfego sem que antes tenha sido implantada a sinalização horizontal.

O emprego dos materiais, na sinalização horizontal, deve estar de acordo com normas da ABNT para tintas e dispositivos auxiliares (tachas e elementos refletivos).

### **Sinalização Vertical**

Para a execução da sinalização vertical deve ser adotada a seguinte sistemática:

➤ **Insumos**

- a) Placas e Painéis

Conforme especificado em projeto.

- b) Retrorrefletividades

A película refletiva deverá ser resistente a intempéries e proporcionar visibilidade, tanto à luz diurna como à noite, sob luz refletidas.

- c) Suportes

Conforme especificado em projeto.

➤ **Posicionamento**

- a) Quanto ao ângulo em relação à pista:

Os sinais verticais, quando colocados na rodovia, devem formar um ângulo de 93° a 95° em relação ao eixo longitudinal da via.

Analogamente, os sinais suspensos devem ter os painéis posicionados de maneira a formar um ângulo de 3° a 5° (três a cinco graus) com a vertical.

- b) Quanto à altura até a parte inferior da placa:

As placas colocadas ao lado da pista devem ficar a uma altura de 1,20m do bordo da pista. Já as placas suspensas devem respeitar o gabarito rodoviário conforme definido em projeto

- c) Quanto ao afastamento da placa e do suporte da placa em relação ao bordo as pistas:

Para placas no chão: 1,20m contatos a partir da projeção da placa.

#### ➤ **Equipamentos**

Os equipamentos utilizados na implantação da sinalização vertical deverá ser:

- a) Trado, para escavação no local dos suportes;
- b) Caminhão plataforma, para fixação das placas suspensas;
- c) Caminhão guindauto, para manejar os suportes de placas suspensas;
- d) Betoneira, para confecção das sapatas em concreto das estruturas de sustentação das placas suspensas;
- e) Cone de sinalização para proteger a área de trabalho na pista.

#### ➤ **Execução**

- a) Inicialmente deve ser feito o levantamento da área para verificação das condições do local de implantação das placas. Posteriormente, as atividades descritas nas subseções seguintes;
- b) Limpeza do local, de forma a garantir a visibilidade do sinal a ser implantado;
- c) Marcação da localização dos dispositivos a serem implantados, de acordo com o projeto de sinalização;

- d) Distribuição das placas nos pontos já localizados anteriormente;
- e) Escavação da área para fixação dos suportes;
- f) Preparação da sapata ou base, em concreto de cimento Portland, para recebimento dos suportes das estruturas de sustentação das placas que assim o exigirem;
- g) Fixação das placas ou módulos de painéis aos suportes e às travessas, através de braçadeiras, parafusos, arruelas, porcas e contra porcas;
- h) Implantação da placa, de forma que os suportes fixados mantenham rigidez e posição permanente e apropriada, evitando que balancem, girem ou sejam deslocados;
- i) Implantação das placas ou painéis suspensos deve contar com a utilização de caminhão plataforma. Durante a implantação o trânsito deve ser desviado, com o auxílio de cones ou qualquer dispositivo adequado para esta finalidade.

Qualquer interferência do projeto de sinalização com rede de distribuição de concessionária deve ser imediatamente comunicada à fiscalização.

➤ **Considerações gerais**

O emprego dos materiais, na sinalização vertical, deve estar de acordo com normas da ABNT para chapas, películas e estruturas de sustentação (suportes metálicos, suportes de madeira, pórticos e semi-pórticos).

**Defensa metálica**

➤ **Execução**

- a) Todas as peças da defesa devem ser dimensionadas com estrita observância à uniformidade e facilidade de montagem;
- b) O transporte e armazenamento das peças da defesa deverão ser efetuados de modo a não provocarem danos ao revestimento da rodovia;
- c) Os componentes das defensas não podem apresentar arestas ou cantos vivos voltados contra o fluxo de tráfego. Os elementos de fixação devem estar atrás

das lâminas e se, ainda assim, houver possibilidade de atingir pessoas e veículos, devem ter suas formas baixas e arredondadas;

- d) Os postes das defensas devem ser enterrados  $1.100 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ , em aterro compactado. No caso de fixação em taludes, ou terrenos muito ondulados, os postes devem ter comprimento compatível com esta exigência;
- e) As defensas metálicas devem ter os postes cravados no solo, por processo de percussão, assegurando um adequado atrito lateral. Em extensões pequenas (menores de 300 m) e isoladas de defensas, pode se admitir a implantação através de abertura de buracos no solo, com posterior enchimento de concreto.

➤ **Considerações gerais**

As defensas devem ser instaladas, de preferência, paralelamente à diretriz da pista.

**Barreira de concreto**

➤ **Execução**

As barreiras de concreto devem atender aos requisitos da norma ABNT NBR 14885:2016 e ABNT NBR 14931:2004, podendo ser usada a moldagem in loco ou a pré-moldagem:

A moldagem in loco pode ser executada por meio de fôrmas fixas ou deslizantes (moldagem contínua).

No caso de peças pré-moldadas, estas devem ter comprimento mínimo de 3,0 m, para ambos os casos de barreira de face dupla e de face simples. O perfil transversal pode ser moldado integralmente ou em partes.

No caso de moldagem em partes, as peças devem ser solidarizadas entre si, observando-se os requisitos desta norma ABNT NBR 14885:2016, no que se refere ao adensamento do concreto;

O perfil a ser adotado deve ser o denominado New Jersey;

As aberturas devidas a disposições construtivas, tais como fendas ou sulcos, bem como espaçamentos ou folgas entre peças pré-moldadas, não devem ser maiores do que 50 mm;

O eixo de referência do perfil da barreira deve permanecer na posição vertical para declividades transversais da pista até 10%. Para superelevações maiores, o eixo de referência do perfil deve ser normal ao plano do pavimento, em todo o trecho com superelevação;

As juntas das barreiras devem ser coincidentes com as juntas do pavimento, quando este for placa de concreto. No caso de barreiras moldadas in loco, devem ser previstas juntas de retração do tipo seção enfraquecida, a cada 6,00 m, com largura máxima de 10 mm e profundidade de 30 mm a 50 mm, em todo o contorno do perfil. No caso de barreiras moldadas in loco, devem ser feitas juntas de dilatação espaçadas de 30,0 m, com abertura de 3 cm, a menos que o projeto indique outro espaçamento. Quando houver interrupção de concretagem, é obrigatória a execução de juntas de construção, dotadas de dispositivos de transferência de esforços laterais, a fim de assegurar a continuidade da armadura.

#### ➤ **Considerações gerais**

As superfícies de deslizamento da barreira não devem apresentar saliências ou reentrâncias maiores do que 10 mm, quando verificadas em extensão de 3 m. O concreto das barreiras moldadas in loco deve ser curado com emprego de produto de cura química, formador de película plástica, com taxa mínima de aplicação igual a 250 ml/m<sup>2</sup>, logo após as operações de acabamento superficial, ou por procedimento equivalente, capaz de evitar a perda de água do concreto, sem danificar a superfície recém-executada. Eventuais defeitos oriundos de execução das barreiras, como abatimento de bordas, fissuras, desnivelamentos, cavidades e depressões, por exemplo, devem ser corrigidos prontamente.

### **6.1.6 Serviços de Paisagismo e Obras Complementares**

#### **Revestimento Vegetal**

O revestimento vegetal das áreas indicadas em projeto deverá ser executado através da **Hidrossemeadura**.

#### ➤ **Insumos**

Deverá ser prevista o preparo de uma mistura contendo adubo, fertilizantes, mulch, adesivos e sementes.

O mix de sementes deverá ser composto por gramíneas e leguminosas, de espécies adequadas à região, preferencialmente nativas, com procedência garantida.

➤ **Execução**

A sistemática e especificações para a execução da hidrossemeadura, nos locais indicados em projeto, constam no documento ES-OC 15/05 – Especificação de Serviços Rodoviários – Obras Complementares: Proteção Vegetal.

A cobertura vegetal deverá se dar concomitantemente à execução da terraplenagem, de modo que nenhum talude esteja exposto às intempéries e ao risco erosões e outros passivos ambientais.

### **Calçadas em concreto**

➤ **Requisitos**

- a) Resistência à compressão de concreto –  $F_{ck} \geq 20$  MPa;
- b) Dimensões conforme projeto;
- c) Declividade transversal de 2%, no sentido da via.

➤ **Execução**

- a) A execução das calçadas só poderá ser realizada após a implantação dos meios-fios.
- b) Nivelamento e compactação do subleito;
- c) Instalação das formas de madeira nos limites da calçada conforme projeto, não sendo necessário a implantação no lado do meio-fio;
- d) Execução da base de brita graduada;
- e) Lançamento do concreto, espalhamento e nivelamento (sarrafeamento);
- f) Executar juntas de dilatação a cada 2 metros;
- g) Desempeno do concreto, para o acabamento final;
- h) Após a concretagem, manter o piso úmido por 7 dias;

- i) Retirada das formas de madeira e das juntas de dilatação somente após 12 horas ou até o concreto atingir resistência mecânica suficiente para essa operação;
- j) Liberação ao tráfego de pedestres após 7 dias.

### **6.1.7 Serviços de Obras Complementares**

#### **Cercas**

A sistemática e especificações para a execução de cercas, nos locais indicados em projeto, constam no documento ES-OC 11/05 – Especificação de Serviços Rodoviários – Obras Complementares: Cercas.

## **6.2 DESVIO DE OBRA E SEQUÊNCIA EXECUTIVA**

A execução das obras e serviços inerentes ao projeto são fatores que causam transtornos no sistema viário local, diminuindo parcialmente o fluxo e a segurança na circulação de veículos. Nestas situações especiais e temporárias, faz-se necessário um plano contendo informações e orientações para subsidiar os trabalhos em campo.

O plano de ataque aos serviços do projeto é apenas indicativo, de modo que todas as especificações de serviços e normas de execução devem ser respeitadas.

Serão necessários desvios de tráfego para a execução da interseção em desnível de Doutor Camargo (dispositivo 04) e para três bueiros onde se previu abertura de pista existente.

### **6.2.1 Dispositivo 04**

Localizado no km 171+060, o dispositivo consiste em um diamante simples, onde o greide da pista existente será rebaixado, de forma a garantir o gabarito mínimo no local da OAE e mantendo a cota das alças aderente ao terreno natural.

#### **FASE 01:**

Execução do projeto nos locais em que não são necessárias interrupções ou desvios de tráfego para o fluxo da PR-323. Deste modo, poderão ser executadas integralmente as alças do ramo 100, 200, 300, 400, 600 e 700.

Os ramos 100, 200 e 600 da interseção serão utilizados como desvio de tráfego para liberação dos serviços posteriores (rebaixamento do greide existente e construção da OAE), deste modo, quando finalizada a fase 1, deverá ser possível a transposição do fluxo da rodovia para esta alça, de modo que possam ser iniciados os serviços da fase 2.

#### FASE 02:

Durante esta etapa o fluxo da rodovia estará operando através do desvio de tráfego locado sobre o ramo da interseção.

Durante a segunda fase de implantação serão executados todos os serviços necessários a construção da OAE.

#### FASE 03:

Durante esta etapa o fluxo da rodovia estará operando através do desvio de tráfego locado sobre o ramo da interseção.

Durante a terceira fase de implantação serão executados o rebaixamento da pista existente e da duplicação.

Concluídos todos os serviços de pavimentação, deve ser executada a sinalização definitiva para o projeto.

Após a finalização dos serviços previstos em projeto a nova interseção será liberada ao tráfego.

### **6.2.2 Bueiro 8825+18,88**

#### FASE 01:

Durante esta etapa o fluxo da rodovia irá operar através da pista existente. Será executada a remoção da extremidade do bueiro existente.

#### FASE 02:

Durante esta etapa o fluxo da rodovia irá operar através da pista existente. Será executada a ensecadeira lateral para desvio do fluxo d'água do talvegue existente. As instruções para execução da ensecadeira encontram-se detalhadas em projeto específico de Plano de Ataque a Obra.

#### FASE 03:

Durante esta etapa o fluxo da rodovia irá operar através da pista existente. Será executada a parcela da galeria projetada localizada sob a pista projetada.

#### FASE 04:

Durante esta etapa o fluxo da rodovia irá operar através da pista existente. Será executado o barramento total do curso d'água e bombeamento, para viabilizar a finalização do encaixe entre o aterro da pista projetada e o aterro da pista existente.

#### FASE 05:

Durante esta etapa o fluxo da rodovia irá operar através da pista existente. O fluxo d'água será liberado na galeria projetada na mesma linha do bueiro existente. Será construído o aterro do desvio de tráfego. Em seguida, o fluxo de veículos será direcionado para o desvio.

#### FASE 06:

Durante esta etapa o fluxo da rodovia irá operar através do desvio de tráfego. Será executada a abertura do aterro da pista existente. Salienta-se que foi considerada a execução de estrutura de pavimento a qual permitirá condições de rolamento aos usuários da via durante o período de obras.

#### FASE 07:

Durante esta etapa o fluxo da rodovia irá operar através do desvio de tráfego. Será executada uma nova ensecadeira no trecho sob a pista existente, na lateral do bueiro existente, para desvio do fluxo d'água do talvegue. Em seguida, será feita a remoção do bueiro existente e a execução da célula da galeria projetada que se encontra seca nesta etapa.

#### FASE 08:

Durante esta etapa o fluxo da rodovia irá operar através do desvio de tráfego. O fluxo d'água será direcionado para a célula da galeria que se encontra finalizada. Em seguida será executada a célula faltante.

#### FASE 09:

Durante esta etapa o fluxo da rodovia irá operar através do desvio de tráfego. Será executada a recomposição do aterro e do pavimento. O tráfego será liberado na pista existente para que a pista projetada seja finalizada. Nesta etapa está previsto o monitoramento do aterro conforme Projeto de Estabilização de Taludes.

#### FASE 10:

Durante esta etapa o fluxo da rodovia irá operar através da pista existente. Será executada a contenção e a finalização do talude da pista projetada.

Os detalhamentos da fundação do aterro, bem como as soluções geotécnicas devem ser verificados no projeto específico.

### **6.2.3 Bueiro 8868 + 12,68**

#### FASE 01:

Durante esta etapa o fluxo da rodovia irá operar através da pista existente. Será executada a demolição da boca do bueiro existente.

#### FASE 02:

Durante esta etapa o fluxo da rodovia irá operar através da pista existente. Serão executados o prolongamento do bueiro existente, que atuará como bueiro de sacrifício, e a parcela do bueiro projetado localizada sob a pista projetada.

#### FASE 03:

Durante esta etapa o fluxo da rodovia irá operar através da pista existente. Serão executados o aterro do desvio de obra e o pavimento provisório. Em seguida, o tráfego será direcionado para o desvio.

#### FASE 04:

Durante esta etapa o fluxo da rodovia irá operar através do desvio de tráfego. Será executada a abertura do aterro da pista existente. Salienta-se que foi considerada a execução de estrutura de pavimento a qual permitirá condições de rolamento aos usuários da via durante o período de obras. Salienta-se que foi considerada a execução de estrutura de pavimento a qual permitirá condições de rolamento aos usuários da via durante o período de obras.

#### FASE 05:

Durante esta etapa o fluxo da rodovia irá operar através do desvio de tráfego. Após a abertura da pista, será executado o restante do bueiro projetado sob a pista existente.

#### FASE 06:

Durante esta etapa o fluxo da rodovia irá operar através do desvio de tráfego. Será executada a recomposição do aterro e do pavimento. O tráfego será liberado na pista existente para que a pista projetada seja finalizada.

#### FASE 07:

Faz-se necessário por fim o tamponamento da boca à montante e jusante do bueiro existente/prolongado, que atua como bueiro de sacrifício na etapa de obra, para que o talvegue possa ser devidamente direcionado para o bueiro projetado.

Os detalhamentos da fundação do aterro, bem como as soluções geotécnicas devem ser verificados no projeto específico.

### **6.2.4 Bueiro 8868 + 4,34**

#### FASE 01:

Durante esta etapa o fluxo da rodovia irá operar através da pista existente. Será executada a demolição da boca do bueiro existente.

#### FASE 02:

Durante esta etapa o fluxo da rodovia irá operar através da pista existente. Serão executados o prolongamento do bueiro existente, que atuará como bueiro de sacrifício, e a parcela do bueiro projetado localizada sob a pista projetada.

#### FASE 03:

Durante esta etapa o fluxo da rodovia irá operar através da pista existente. Serão executados o aterro do desvio de obra e o pavimento provisório. Em seguida, o tráfego será direcionado para o desvio.

#### FASE 04:

Durante esta etapa o fluxo da rodovia irá operar através do desvio de tráfego. Será executada a abertura do aterro da pista existente. Salienta-se que foi considerada a execução de estrutura de pavimento a qual permitirá condições de rolamento aos usuários da via durante o período de obras.

#### FASE 05:

Durante esta etapa o fluxo da rodovia irá operar através do desvio de tráfego. Após a abertura da pista, será executado o restante do bueiro projetado sob a pista existente.

#### FASE 06:

Durante esta etapa o fluxo da rodovia irá operar através do desvio de tráfego. Será executada a recomposição do aterro e do pavimento. O tráfego será liberado na pista existente para que a pista projetada seja finalizada.

#### FASE 07:

Faz-se necessário por fim o tamponamento da boca à montante do bueiro existente/prolongado, que atua como bueiro de sacrifício na etapa de obra, para que o talvegue possa ser devidamente direcionado para o bueiro projetado. O bueiro existente continuará captando a vazão proveniente do bueiro da Estaca 8912 + 14,01, que coleta a água acumulada no ponto baixo da linha geral do canteiro central, sendo a jusante do bueiro existente utilizada como saída.

Os detalhamentos da fundação do aterro, bem como as soluções geotécnicas devem ser verificados no projeto específico.

### **6.3 CANTEIRO DE OBRAS E ÁREAS DE APOIO**

As áreas de apoio da obra (canteiro de obras e outras instalações) deverão ser instaladas em uma localização central do projeto, em região com boas condições topográficas, fácil acesso, com disponibilidade de serviços públicos (abastecimento de água, eletricidade, gás, telecomunicações, etc), e contando também com o apoio do núcleo urbano de Dr. Camargo. Há que ponderar-se, em conjunto com os aspectos anteriormente mencionados, a posição de jazidas, pedreiras e areais, objetivando-se minimizar o custo de transportes.

---

Para tanto, sugere-se que o canteiro de obras e central de concretagem (OAE) esteja localizado no km 178+400, aproximadamente, lado direito da rodovia.

O canteiro de obras concentra as edificações dos setores administrativos, técnico, recreativo, ambulatoriais, alimentar, almoxarifados, oficinas, postos de abastecimentos e alojamentos.

A empresa Executora da obra será responsável pelo fornecimento e montagem, no local da obra, de todo o equipamento necessário à execução dos serviços, inclusive a eventual instalação de usinas e depósitos, bem como a construção de alojamentos, escritórios e outras instalações necessárias ao trabalho.

Não haverá qualquer pagamento em separado para o canteiro de obras. Seus custos deverão ser incluídos nos preços propostos para os vários itens de serviço, constantes no Quadro de Quantidades.

Na sequência é apresentado o local sugerido para a implantação do canteiro de obras e um croqui de sugestão das edificações do canteiro.

Localização do canteiro

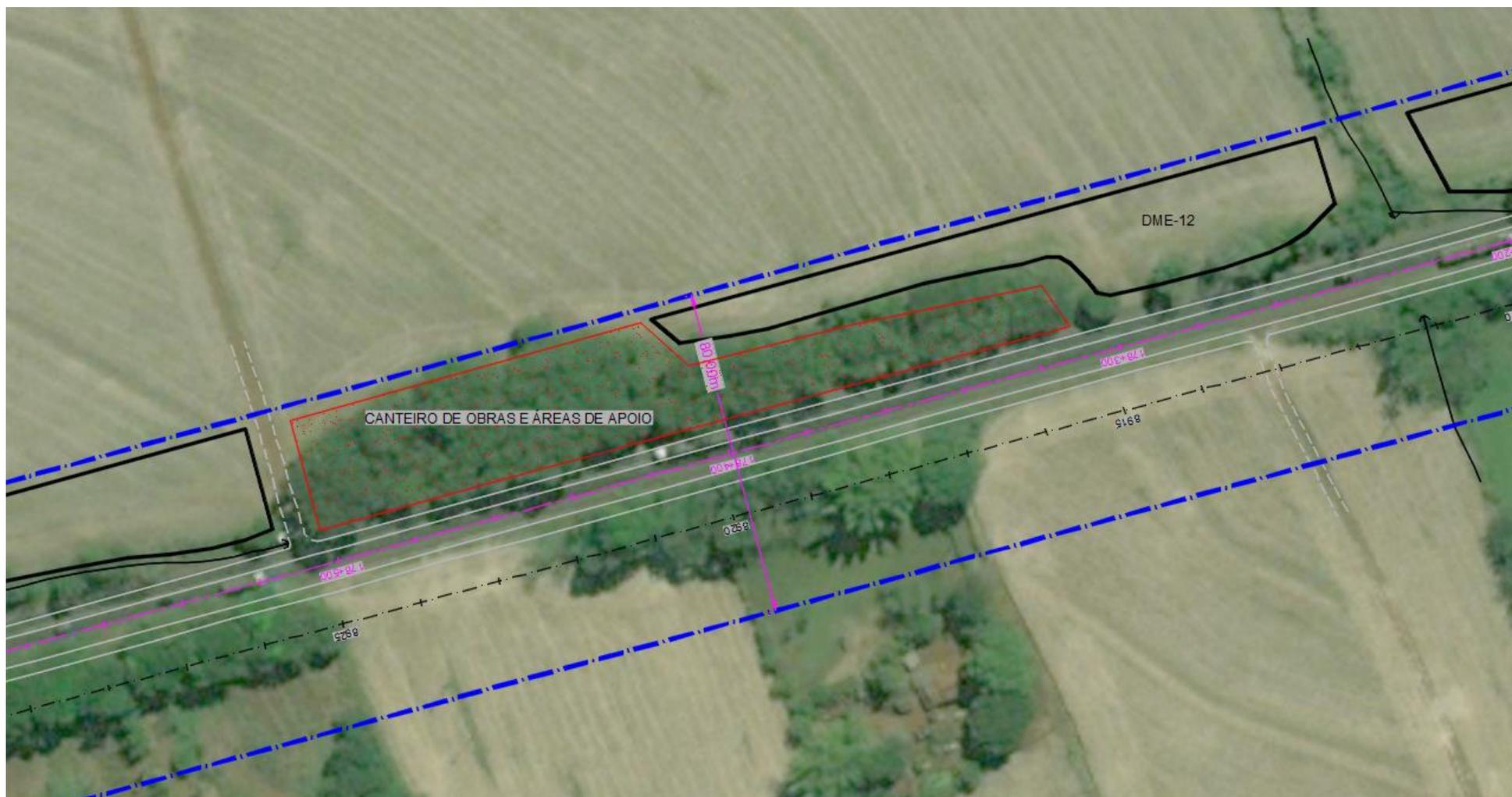
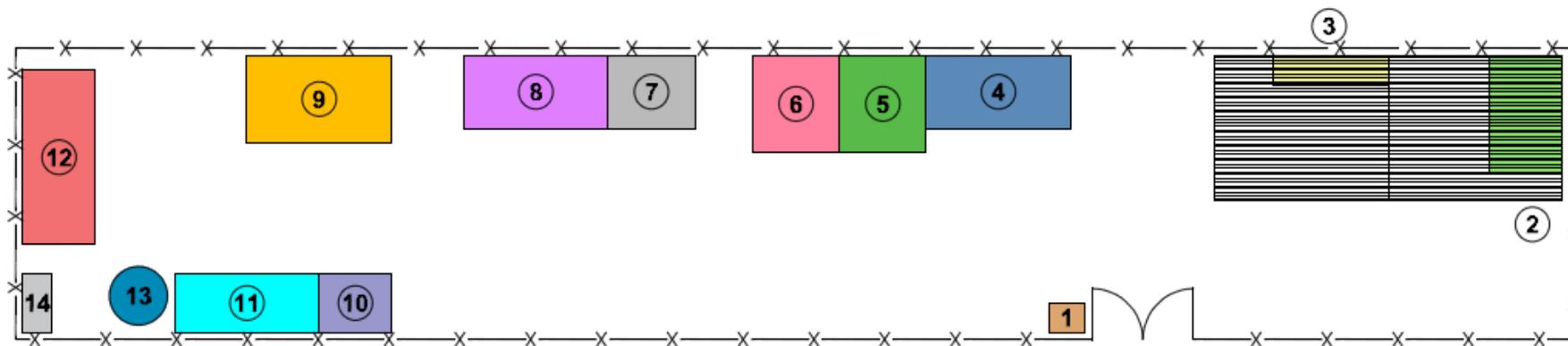
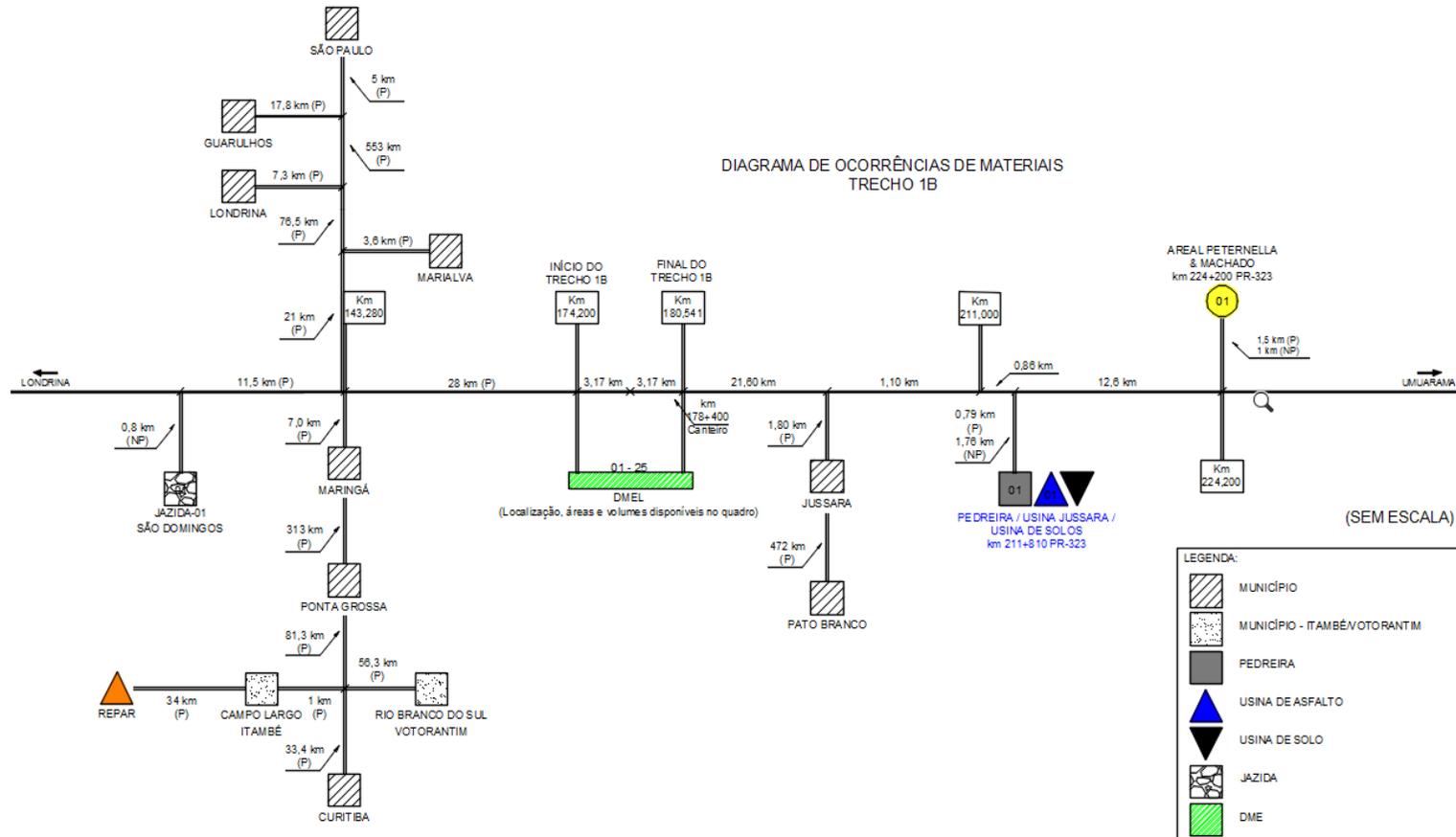


Figura 64: Croqui (sugestão) do Canteiro de Obras



- |  |  |
|--|--|
| ① GUARITA / PORTARIA                       | ⑧ ALMOXARIFADO                         |
| ② OFICINA                                  | ⑨ ESCRITÓRIO / FISCALIZAÇÃO            |
| ③ POSTO DE ABASTECIMENTO                   | ⑩ AMBULATÓRIO                          |
| ④ LABORATÓRIO DE SOLOS, ASFALTO E CONCRETO | ⑪ SANITÁRIOS / VESTIÁRIOS              |
| ⑤ CENTRAL DE ARMAÇÃO / CONCRETO            | ⑫ COZINHA / REFEITÓRIO / ÁREA DE LAZER |
| ⑥ CENTRAL DE CARPINTARIA                   | ⑬ RESERVATÓRIO DE ÁGUA                 |
| ⑦ DEPÓSITO DE CIMENTO                      | ⑭ ETE                                  |

## 6.4 DIAGRAMA LINEAR DE OCORRÊNCIAS



## 6.5 CRONOGRAMA DE OBRA

Serviço/Etapa	Duração (mês)	SEMESTRES	
		SEM. 1	SEM. 2
Mobilização de equipe, instalações provisórias.	1	100%	
Terraplenagem	8	60,0%	40,0%
Drenagem	10	40%	60%
Pavimentação	7	40%	60%
Ligantes Betuminosos	7	40%	60%
OAE - Viaduto km 174+630	4	100%	
Sinalização e Dispositivos de Segurança Viária	2		100%
Paisagismo	8	60%	40%
Contenções	3	100%	
Obras Complementares	2		100%
Iluminação	3		100%
Rede elétrica	3		100%
Interferências	1	100%	
Sinalização provisória para obras	8	70,0%	30,0%
Programas de gerenciamento de Meio-Ambiente	12	50%	50%
Desmobilização e	1		100%

## 6.6 LISTA DE EQUIPAMENTOS MÍNIMOS

Atividades	Equipamentos médio/grande porte	Quantidade/fase
Limpeza e destocamento	Trator de esteiras com lâmina	2
Escavações em 1ª	Escavadeira hidráulica sobre esteiras	3
Escavações em 1ª	Motoniveladora	1
Carga de materiais - apoio	Carregadeira de pneus	2
Compactação	Rolo compactador pé de carneiro	2
Compactação	Rolo compactador liso vibratório	1
Transporte	Caminhão basculante 10m³	6
CBUQ	Carregadeira de pneus	1
CBUQ	Grupo gerador	1
CBUQ	Tanque de depósito de asfalto	2
CBUQ	Rolo pneus autopopelido	2
CBUQ	Rolo tandem liso autopropelido	2
CBUQ	Vassoura mecânica rebocável	1
CBUQ	Vibro acabadora de esteiras	1
CBUQ	Caminhão chassi	1
Demolições e fresagem	Caminhão basculante 10m³	2
Demolições e fresagem	Minicarregadeira de pneus com vassoura	1
Demolições e fresagem	Retroescavadeira	1
Demolições e fresagem	Soprador	1
Demolições e fresagem	Caminhão pipa	1
Demolições e fresagem	Fresadora asfalto a frio	1
Regularização	Grade de discos	1
Regularização	Motoniveladora com escarificador	1
Regularização	Rolo pneus autopopelido	1
Regularização	Rolo vibratório corrug. Auto.	1
Regularização	Trator agrícola	1
Base e sub-base	Grade de discos	1
Base e sub-base	Motoniveladora com escarificador	1
Base e sub-base	Rolo pneus autopopelido	1
Base e sub-base	Rolo vibratório corrug. Auto.	1
Base e sub-base	Trator agrícola	1
Solo cimento	Carregadeira de pneus	1
Solo cimento	Grupo gerador	1
Solo cimento	Motoniveladora com escarificador	1
Solo cimento	Rolo pneus autopopelido	1
Solo cimento	Rolo vibratório corrug. Auto.	1
Solo cimento	Usina de solos com misturador de cimento	1
Transportes	Caminhão basculante 10m³	2
Transportes	Caminhão carroceria 9t	1
Transportes	Caminhão chassi e tanque	1
Disp. Drenagem	Betoneira	2
Disp. Drenagem	Caminhão carroceria	1
Disp. Drenagem	Caminhão com guindauto	1
Disp. Drenagem	Retroescavadeira	1
Disp. Drenagem	Rolo pneus autopopelido	1
Disp. Drenagem	Caminhão basculante 10m³	1

Atividades	Equipamentos médio/grande porte	Quantidade/fase
Sinalização e segurança	Extrusora	1
Sinalização e segurança	Bate-estacas leve	1
Sinalização e segurança	Caminhão carroceria	3
Sinalização e segurança	Compressor de ar	1
Sinalização e segurança	Máq. Pintura de faixas	1
Hidrossemeadura	Equip. para hidrossemeadura	1
Hidrossemeadura	Caminhão pipa	1
Hidrossemeadura	Caminhão carroceria	1
Passeio concreto	Grade de discos	1
Passeio concreto	Motoniveladora com escarificador	1
Passeio concreto	Rolo pneus autopopelido	1
Passeio concreto	Rolo vibratório corrug. Auto.	1
Passeio concreto	Trator agrícola	1
Passeio concreto	Betoneira	1
Passeio concreto	Caminhão carroceria	1
Infraestruturas	Caminhão carroceria	1
Infraestruturas	Retroescavadeira	1
Infraestruturas	Equip. Estaca Hélice	1
Mesoestrutura	Caminhão carroceria	1
Mesoestrutura	Caminhão guindauto	1
Mesoestrutura	Giundaste	1
Supraestrutura	Caminhão carroceria	1
Supraestrutura	Caminhão guindauto	1
Supraestrutura	Giundaste	1
Supraestrutura	Equip. corte de pavimento	1
Iluminação e elétrica	Caminhão guindauto	1
Iluminação e elétrica	Caminhão com cesto aéreo	1
Iluminação e elétrica	Caminhão com carroceria	1
Iluminação e elétrica	Veículo leve	1
Geral estruturas	Vibrador de imersão	2
Geral estruturas	Grupo gerador	2
Geral estruturas	Martelete	2
Geral estruturas	Andaimes	1
Geral	Ferramentas manuais	1
Geral	Serra de mesa	2
Administração	Veículo leve	3
Administração	Ônibus para transporte de funcionários	1
Terceiros	Verificar equipamentos p/ subcontratadas	***

## 7 ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇO

### INFORMAÇÕES E RECOMENDAÇÕES DE ORDEM GERAL

DER/PR ES-IG 01/05	Informações e Recomendações de Ordem Geral
--------------------	--

### SERVIÇOS DE TERRAPLENAGEM

DER/PR ES-T 01/05	Serviços preliminares
DER/PR ES-T 02/05	Cortes: no tocante ao rebaixamento do solo de fundação do pavimento, prever escavações e recompactação (mesmo material) de todos os cortes e aterros de altura inferior a 60 cm, objetivando homogeneidade das camadas finais de aterro e corte, e garantindo o Grau de Compactação necessário à implantação do novo pavimento.
DER/PR ES-T 03/05	Empréstimos
DER/PR ES-T 06/05	Aterros
DER/PR ES-T 07/05	Revestimento Primário

### SERVIÇOS DE DRENAGEM E OBRAS DE ARTE CORRENTE

DER/PR ES-D 01/05	Sarjetas e valetas
DER/PR ES-D 02/05	Transposição de segmentos de sarjeta
DER/PR ES-D 03/05	Entradas e descidas d'água
DER/PR ES-D 04/05	Dissipadores de energia
DER/PR ES-D 05/05	Bocas e caixas para bueiros tubulares
DER/PR ES-D 06/05	Drenos longitudinais profundos
DER/PR ES-D 07/05	Drenos sub-superficiais
DER/PR ES-D 08/05	Drenos sub-horizontais
DER/PR ES-D 09/05	Bueiros tubulares de concreto
DER/PR ES-D 11/05	Demolição de dispositivos de concreto

### SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO

DER/PR ES-P 01/05	Regularização do Subleito
DER/PR ES-P 08/05	Solo arenoso fino laterítico
DER/PR ES-P 11/18	Solo-cimento e solo tratado com cimento
DER/PR ES-P 28/18 – ADAPTADO	Concreto asfáltico usinado a quente com asfalto borracha
DER/PR ES-P 21/17	Concreto Asfáltico Usinado à Quente

SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO	
DER/PR ES-P 25/05	Contenção Lateral de Pavimentos
DER/PR ES-P 27/05	Demolição de pavimentos
DER/PR ES-P 31/05	Fresagem a frio
DER/PR ES-P 17/17	Pinturas asfálticas
DER/PR ES-P 36/17	Tratamentos Superficiais – Ligantes Convencionais e Modificados
DER/PR ES-D 06/18	Drenos Longitudinais Profundos
DER/PR ES-D 07/18	Drenos Sub-Superficiais

Com relação ao serviço: concreto asfáltico usinado a quente com asfalto borracha (DER/PR ES-P 28/18) recomenda-se a adoção da faixa para a mistura da camada de rolamento as seguintes alternativas de misturas descontínuas do tipo Gap-Graded, ambas com condições de suportar bem as condições de tráfego da PR-323, além de serem adequadas ao ligante modificado com borracha reciclada de pneu indicado no projeto e de proporcionarem a execução da espessura de 2,5 cm prevista:

Peneira de Malha Quadrada		% Passando, em peso			
ABNT	Abertura (mm)	Faixa 3/8"		Faixa 6 mm	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
3/8"	9,50	80	100	95	100
nº 4	4,80	25	40	42	55
nº 10	2,00	18	29	16	28
nº 40	0,42	9	15	8	15
nº 80	0,18	6	11	6	11
nº 200	0,07	4	7	4	7
Espessura da camada (cm)		2,5 a 4		2 a 3	

O teor de asfalto que resultará da dosagem deverá se aproximar daquele previsto no projeto, não gerando impacto financeiro ao contrato.

As faixas acima foram adaptadas da CALTRANS para melhor correspondência aos padrões de peneiras usualmente considerados pelo DER/PR e têm sido aplicadas por concessionárias de rodovias brasileiras em trechos de tráfego pesado.

Outras características a serem consideradas na formulação da mistura densa descontínua e de seus componentes são as seguintes:

### Agregados:

- Cuidados especiais deverão ser tomados perante agregados com elevada absorção de água, comuns em pedreiras de rocha basáltica da região: desejável evitar o uso de agregados com mais de 1,5% de absorção; considerar o ligante absorvido pelos poros permeáveis na dosagem;
- Não deverá ser utilizada areia natural na formulação da mistura;
- Agregados deverão apresentar:
  - No ensaio de índice de forma (1:n) n menor do que 3 e no máximo 10% de partículas lamelares e alongadas com relação de tamanhos  $n > 5$  (NBR-7809);
  - Perda inferior a 12% no ensaio de Durabilidade de Sódio;
  - Percentagem de desgaste inferior a 35%, no ensaio de Abrasão Los Angeles;
  - Equivalente de areia igual ou superior a 55%.
- É obrigatória a incorporação de cal hidratada CH-1 que conduza à obtenção de uma mistura com resistência retida no ensaio a Danos por Umidade Induzida (AASHTO T-283) de, no mínimo, 70%.

### Mistura Asfáltica:

PARÂMETRO	UNID.	LIMITES	
	%	Mín.	Máx.
Vazios preenchidos por asfalto	%	50	75
Vazios do agregado mineral (VAM)	%	16	
Resistência à tração por compressão diametral	daPa	5	
Danos por umidade induzida	%	70	
Volume de vazios - 75 golpes/face (Faixa 3/8")	%	4	6
Volume de vazios - 75 golpes/face (Faixa 6 mm)	%	4,5	6,5

(\*) Condições de vazios determinadas com apoio do Rice Test

### Ligante Asfáltico:

- Deverá ser utilizado cimento asfáltico de petróleo modificado com borracha reciclada de pneus do tipo AB8, conforme Resolução Técnica no. 39 da ANP, de 24 de dezembro de 2008.

### Recomendações de ordem executiva:

- A compactação da mistura densa descontínua deverá ser executada com rolo liso tandem vibratório, com controle de frequência e amplitude, capaz de prover frequência de vibração mínima de 2200 vpm;
- Demais padrões de execução deverão ser atendidos, conforme especificação DER/PR ES-P 28/17.

Em face das pesadas solicitações de tráfego e elevadas temperaturas prevalentes na Região Noroeste do Estado do Paraná, consideramos essencial que as misturas asfálticas utilizadas sejam verificadas na fase de dosagem quanto à deformação permanente, conforme preveem as especificações aplicáveis do DER/PR.

<b>SINALIZAÇÃO E DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA</b>	
DER/PR ES-OC 02/05	Sinalização horizontal com tinta à base de resina acrílica emulsificada em água, retrorefletiva
DER/PR ES-OC 04/05	Sinalização horizontal com material termoplástico aplicado pelo processo de extrusão, retrorefletivo
DER/PR ES-OC 05/05	Sinalização horizontal com material termoplástico aplicado pelo processo de aspersão, retrorefletivo
DER/PR ES-OC 09/05	Fornecimento e implantação de placas laterais para sinalização vertical
DER/PR ES-OC 06/06	Tachas refletivas
DER/PR ES-OC 14/05	Defensas de concreto (barreiras)
ABNT – NBR 6971/12	Defensas metálicas – Projeto e implantação
ABNT – NBR 14885/16	Segurança no tráfego – Barreiras de concreto
ABNT – NBR 14962/13	Sinalização vertical viária — Suportes metálicos em aço para placas — Projeto e implantação
ABNT – NBR 15402/14	Sinalização horizontal viária — Procedimentos para execução da demarcação e avaliação
ABNT – NBR 15486/16	Segurança no tráfego – Dispositivos de contenção viária – Diretrizes de projeto e ensaios de impacto

<b>SERVIÇOS DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS</b>	
DER/PR ES-OA 01/05	Serviços Preliminares
DER/PR ES-OA 02/05	Concreto e Argamassas
DER/PR ES-OA 03/05	Armaduras para concreto armado

DER/PR ES-OA 04/05	Armaduras para concreto protendido
DER/PR ES-OA 05/05	Fôrmas
DER/PR ES-OA 06/05	Escoramentos
DER/PR ES-OA 07/05	Fundações
DER/PR ES-OA 08/05	Estruturas de concreto armado
DER/PR ES-OA 09/05	Estruturas de concreto protendido
DER/SP ET-DE-C00/005	Juntas de dilatação para obras de arte especiais

#### SERVIÇOS DE PAISAGISMO

DER/PR ES-OC 15/05	Proteção vegetal
--------------------	------------------

#### SERVIÇOS DE OBRAS COMPLEMENTARES

DER/PR ES-OC 11/05	Cercas
--------------------	--------

## 8 ESPECIFICAÇÕES DE MATERIAIS

A seguir são apresentadas as especificações dos materiais mais relevantes à obra. Algumas podem ser verificadas na norma DER/PR EM-R 01/05.

ESPECIFICAÇÕES DE MATERIAIS PARA SERVIÇOS RODOVIÁRIOS	
AÇO E PRODUTOS METÁLICOS	
NM 189/00	Arame de aço-carbono ovalado, zincado
NM 191/00	Arame de aço, zincado, de dois fios
NBR 5871/87 (PB 43)	Arruela lisa de uso para parafuso sextavado estrutural – Dimensões e material
NBR 6323/90 (EB 344)	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – Especificação
NBR 6970 – EB786	Defensas metálicas zincadas por imersão a quente
NBR 14282/99	Defensa metálica de perfis pintados
NBR 7480/96 (EB 3)	Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado
NBR 7481/90 (EB 565)	Tela de aço soldada - Armadura para concreto
NBR 7482/91 (EB 780)	Fios de aço para concreto protendido

<b>ESPECIFICAÇÕES DE MATERIAIS PARA SERVIÇOS RODOVIÁRIOS</b>	
NBR 7483/04 (EB 781)	Cordoalhas de aço para concreto protendido - Requisitos
NBR 8855/91 (EB 168)	Propriedades mecânicas de elementos de fixação – Parafusos e prisioneiros
NBR 10062/87 (EB 1647)	Porcas com valores de cargas específicos – Características mecânicas dos elementos de fixação
NBR 11904/05 (EB 2204)	Placas de aço zincado para sinalização viária
NBR 14429/99	Dispositivos de sinalização viária – Pórtico e semipórticos de sinalização vertical zincados por imersão a quente – Requisitos
NBR 14890/02	Sinalização vertical viária – Suportes metálicos em aço para placas – Requisitos
NBR 14891/02	Sinalização vertical viária – Placas
DNER-EM 366/97	Arame farpado de aço zincado
DNER-EM 374/97	Fios e barras de aço para concreto armado
DNER-EM 375/97	Fios de aço para concreto protendido
DNER-EM 376/97	Cordoalhas de aço para concreto protendido
<b>AGLOMERANTES HIDRÁULICOS</b>	
NBR 5732/91 (EB 1)	Cimento Portland comum
NBR 5733/91 (EB 2)	Cimento Portland de alta resistência inicial
NBR 7175/03 (EB 153)	Cal hidratada para argamassas – requisitos
DNER-EM 036/95	Cimento Portland - Recebimento e Aceitação
<b>AGREGADOS</b>	
NBR 7211/05 (EB 4)	Agregado para concreto - Especificação
DNER-EM 037/97	Agregado graúdo para concreto de cimento
DNER-EM 038/97	DNER-EM 038/97 – Agregado miúdo para concreto de cimento
<b>ÁGUA</b>	
DNER-EM 034/97	Água para argamassa e concreto de cimento Portland
<b>ARTEFATOS CERÂMICOS</b>	
NBR 7170/83 (EB 19)	Tijolo maciço cerâmico para alvenaria
<b>CALDA DE CIMENTO</b>	
NBR 7681/83 (EB 1348)	Calda de cimento para injeção
<b>CONCRETOS E ARTEFATOS DE CONCRETO</b>	
NBR 7212/84 (EB 136)	Execução de concreto dosado em central;

<b>ESPECIFICAÇÕES DE MATERIAIS PARA SERVIÇOS RODOVIÁRIOS</b>	
NBR 8890/03 (EB-969)	Tubo de concreto, de seção circular, para águas pluviais e esgotos sanitários – Requisitos e métodos de ensaio
NBR 12655/96	Preparo, controle e recebimento do concreto
NBR 14885/04	Segurança de tráfego: barreiras de concreto
<b>ESFERAS E MICROESFERAS</b>	
NBR 14281/99	Sinalização horizontal viária – Esferas de vidro – Requisitos
NBR 6831/01 (EB 1241)	Microesferas de vidro refletivas – Requisitos
DNER-EM 373/00	Microesferas de vidro retrorrefletivas para sinalização horizontal rodoviária
DNER-EM 379/98	Esferas de vidro para sinalização rodoviária horizontal
<b>MADEIRA</b>	
NBR 9480 (EB474)	Mourões de madeira preservada para cercas
<b>MATERIAIS ASFÁLTICOS</b>	
NBR 9685/05 (EB 1685)	Emulsão asfáltica para impermeabilização
DNER-EM 204/95	Cimentos asfálticos de petróleo
ANP	Regulamento Técnico Nº 3/2005
<b>PARTÍCULAS REFLETIVAS</b>	
NBR 14644/13	Sinalização vertical viária – Películas – Requisitos
<b>PLÁSTICOS E PVC</b>	
NBR 15073/04	Tubos corrugados de PVC e polietileno para drenagem subterrânea agrícola
NBR 7362-2/99	Sistemas enterrados para condução de esgoto – Parte 2: Requisitos para tubos de PVC com parede maciça
<b>TACHAS REFLETIVAS</b>	
NBR 14636/13	Sinalização horizontal viária – Tachas refletivas viárias – Requisitos
<b>TINTAS E TERMOPLÁSTICOS</b>	
NBR 11862/92 (EB 2162)	Tintas para sinalização horizontal à base de resina acrílica
NBR 12935/93	Tintas com resina livre para sinalização horizontal
NBR 13132/94	Termoplástico para sinalização horizontal aplicado pelo processo de extrusão
NBR 13699/96	Sinalização horizontal viária – Tinta à base de resina acrílica emulsionada em água – Requisitos e método de ensaio
NBR 15741/16	Sinalização horizontal viária - Laminado elastoplástico para sinalização - Requisitos e métodos de ensaio



**ESPECIFICAÇÕES DE MATERIAIS PARA SERVIÇOS RODOVIÁRIOS**

DNER-EM 276/00	Tinta para sinalização horizontal rodoviária à base de resina acrílica emulsionada em água
DNER-EM 368/00	Tinta para sinalização horizontal rodoviária à base de resina acrílica e/ou vinílica
DNER-EM 371/00	Tinta para sinalização horizontal rodoviária à base de resina, estireno-acrilato e/ou estireno-butadieno
DNER-EM 372/00	Material termoplástico para sinalização horizontal rodoviária
<b>MATERIAIS PARA BASE E SUB-BASE</b>	
DER/PR ES-P 08/18	Solo arenoso fino laterítico
DER/PR ES-P 11/18	Solo-cimento e solo tratado com cimento

## 9 PROFISSIONAIS RESPONSÁVEIS

Segue relação dos profissionais responsáveis pela execução dos estudos e projetos do PROJETO DE ENGENHARIA PARA AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA RODOVIA PR-323 - km 174+200 ao km 180+500.

FUNÇÃO	RESPONSÁVEL
Responsável Técnico	Eng. Djalma R. A. Martins Pereira – CREA PR-6259/D
Corresponsável Técnico	Eng. Daniel A. Martins Pereira – CREA PR-75078/D
Corresponsável Técnico	Eng. Jacqueline R. de Melo e Bertin – CREA/PR-15311/D
Corresponsável Técnico	Eng. Roberto Costa – CREA/PR-6258/D



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

**CREA-PR**

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná

Página 1/1

**ART de Obra ou Serviço**  
**1720200664577**

1. Responsável Técnico

**DJALMA ROCHA AL-CHUEYR MARTINS PEREIRA**

Título profissional:

**ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: 1702487636

Carteira: PR-6259/D

Empresa Contratada: **ENGEFOTO ENGENHARIA E AEROLEVANTAMENTOS S/A**

Registro: 3328

2. Dados do Contrato

Contratante: **DEPARTAMENTO DE ESTRADA DE RODAGEM DO PARANA - DER/PR**

CNPJ: 76.669.324/0001-89

AV IGUACU, 420

REBOUCAS - CURITIBA/PR 80230-020

Contrato: 062/2019[1150]

Celebrado em: 05/12/2019

Valor: R\$ 390.000,00

Tipo de contratante: Pessoa Jurídica (Direito Público) brasileira

3. Dados da Obra/Serviço

R FREI FRANCISCO MONTALVERNE, 750

JARDIM DAS AMERICAS - CURITIBA/PR 81540-410

Data de Início: 05/12/2019

Previsão de término: 05/03/2020

4. Atividade Técnica

Direção de serviço técnico

[Projeto] de pavimentação asfáltica para rodovias

Quantidade

Unidade

10,54

KM

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

7. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Local

de

data

de

DJALMA ROCHA AL-CHUEYR MARTINS PEREIRA - CPF: 321.835.859-00

DEPARTAMENTO DE ESTRADA DE RODAGEM DO PARANA - DER/PR - CNPJ:  
76.669.324/0001-89

8. Informações

- A ART é válida somente quando quitada, conforme informações no rodapé deste formulário ou conferência no site [www.crea-pr.org.br](http://www.crea-pr.org.br).

- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site [www.crea-pr.org.br](http://www.crea-pr.org.br) ou [www.confex.org.br](http://www.confex.org.br)

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

Acesso nosso site [www.crea-pr.org.br](http://www.crea-pr.org.br)  
Central de atendimento: 0800 041 0067



**CREA-PR**  
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná

Valor da ART: R\$ 233,94

Registrada em : 13/02/2020

Valor Pago: R\$ 233,94

Nosso número: 2410101720200664577

A autenticidade desta ART pode ser verificada em <https://servicos.crea-pr.org.br/publico/art>  
Impresso em: 17/02/2020 15:14:51

[www.crea-pr.org.br](http://www.crea-pr.org.br)



---

## 10 TERMO DE ENCERRAMENTO

O Volume 1 – Relatório do Projeto – Tomo Único, parte integrante do PROJETO DE ENGENHARIA PARA DUPLICAÇÃO DA RODOVIA PR-323 - km 174,200 ao km 180,500, é composto por 265 páginas, numeradas sequencialmente a partir do sumário, sendo esta a última página do relatório.

Curitiba, 14 de Fevereiro de 2020.

---

Djalma R. A. Martins Pereira – CREA PR-6259/D