

PROJETO EXECUTIVO DE PAVIMENTAÇÃO

RODOVIA DEMÉTRIO JOSÉ DA ROCHA

(LOTE 2)

ESTACAS 13+0,00 A 18+0,00

VOLUME 1 – Relatório do Projeto

Consultoria: Universidade do Extremo Sul Catarinense/Parque Científico e
Tecnológico

Rod. Jorge Lacerda, km 4,5 – Sangão
Criciúma – SC

(48) 3444-3702

www.unesc.net

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC
PARQUE CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO DA UNESC – IPARQUE
INSTITUTO DE PESQUISAS AMBIENTAIS E TECNOLÓGICAS – IPAT**

Prof. Dr^a. Luciane Bisognin Ceretta

Reitora

Prof. MSc. Daniel Ribeiro Preve

Vice-reitor

Prof. MSc. Fernando Marco Bertan

Gerente do Parque Científico e Tecnológico - IPARQUE

EQUIPE TÉCNICA – CEGEO/UNESC

Eng.º Agrimensor Msc. Jóri Ramos Pereira

Eng.º Civil Tiago Rosso Urbano

Analista de Cartografia Alan Sezara de Souza

Auxiliar de Projetos Maicom Valim da Silva

Auxiliar de Topografia Fabiano Cardoso de Souza

Auxiliar de Topografia Vitor Volpato de Souza

Arquiteta e Urbanista Hélen Bernardo Pagani

Arquiteta e Urbanista Renata Moretto Urbano

Auxiliar de Projetos: Sabrina Jardim Sparremberger

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	8
2. ESTUDO TOPOGRÁFICO	9
2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	9
2.2 PERÍODO DE REALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES	9
2.3 METODOLOGIA DESENVOLVIDA	9
3. ESTUDO HIDROLÓGICO	11
3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	11
3.2 COLETA DE DADOS	11
3.3 DADOS REGIONAIS	12
3.4 PLUVIOMETRIA	12
3.5 DETERMINAÇÃO DAS CURVAS DE INTENSIDADE, DURAÇÃO E FREQUÊNCIA	13
3.6 CÁLCULO DAS VAZÕES	17
4. PROJETO GEOMÉTRICO	23
4.1 CONCEPÇÃO	23
4.2 METODOLOGIA	23
4.3 ELEMENTOS GEOMÉTRICOS	23
5. PROJETO DE TERRAPLENAGEM	25
5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS E OBJETIVOS	25
5.2 PROJETO GEOMÉTRICO	25
5.3 PARÂMETROS UTILIZADOS	26
6. ESTUDO GEOTÉCNICO E PROJETO GEOTÉCNICO	27
6.1 MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO E DISTÂNCIA MÉDIA DE TRANSPORTE (DMT)	27
7. PROJETO DE DRENAGEM E OAC	30
7.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS E OBJETIVOS	30
7.2 DRENAGEM SUPERFICIAL	30
8. PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO	31
8.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	31
8.2 ESTUDO DE TRÁFEGO	31
8.3 DIMENSIONAMENTO	32
9. PROJETO DE SINALIZAÇÃO	36
10. MEMORIAL DESCRITIVO	40
10.1 TERRAPLENAGEM	40
10.2 PAVIMENTAÇÃO	42

10.3	SINALIZAÇÃO VERTICAL	45
10.4	SINALIZAÇÃO HORIZONTAL	45
10.5	SINALIZAÇÃO DE OBRA	46
10.6	LIMPEZA E ENTREGA DA OBRA	46

ANEXOS

ANEXO 1 – PLANILHA ORÇAMENTÁRIA, CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO,
PESQUISAS DE MERCADOS, COMPOSIÇÕES DE CUSTOS E BDI

ANEXO 2 – ESTUDO GEOTÉCNICO

ANEXO 3 – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – ART

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Local Ponto de Controle Geodésico PMM_1C.....	10
Figura 2 – Histograma do regime pluviométrico da estação de Meleiro – Série 1977-2020.	12
Figura 3 – Dias de chuva na estação de Meleiro – Série 1977-2020.....	13
Figura 4 – Histograma da precipitação máxima diária para a estação de Meleiro – Série 1977-2020.....	14
Figura 5 – Curvas de altura de chuva – duração – recorrência.....	17
Figura 6 – Curva de intensidade de chuva – duração – recorrência.	17
Figura 7 – Distância média de transporte da jazida comercial de material pétreo	28
Figura 8 – Distância média de transporte da jazida comercial de areia	29
Figura 9 – Determinação de espessuras do pavimento	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estatísticas observadas sobre a estação de Meleiro – série 1977-2020.	12
Tabela 2 – Precipitação máxima diária estimada pelo método Gumbel para a estação pluviométrica de Meleiro.	15
Tabela 3 – Transformação das chuvas máximas para a estação pluviométrica de Meleiro.	15
Tabela 4 – Altura e intensidade de precipitação para a estação pluviométrica de Meleiro.	16
Tabela 5 – Valores de k para relações entre Y/D.....	20
Tabela 6 – Distâncias média de transporte dos materiais	28
Tabela 7 – Estimativa do número N _{8,2t}	31
Tabela 8 - Estimativa do número N _{8,2t} para o período do projeto	32
Tabela 9 – Seção do pavimento	35
Tabela 10 – Forma, cor e tamanho.	37
Tabela 11 – Forma, cor e tamanho.	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Dados da estação pluviométrica de Meleiro/SC.....	11
Quadro 2 – Valores para o coeficiente de deflúvio.....	19
Quadro 3 – Elementos Geométricos – Rodovia Demétrio José da Rocha.....	24
Quadro 4 – Volume de material para de empréstimo para adequação do greide da Rodovia Demétrio José da Rocha.....	26

Quadro 5 – Espessuras mínimas de revestimento betuminoso	33
Quadro 6 – Coeficiente de equivalência estrutural.....	34

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Precipitações diárias extremas.....	13
Equação 2: Variável reduzida.....	14
Equação 3: Vazão da bacia.....	18
Equação 4: Diâmetro da tubulação.	20
Equação 5: Regime de escoamento.	21

1. APRESENTAÇÃO

O presente volume tem por objetivo apresentar o **PROJETO BÁSICO/EXECUTIVO DE ENGENHARIA REFERENTE ÀS OBRAS DE PAVIMENTAÇÃO COM CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (LOTE 2)**, compreendendo:

➤ Projeto de Pavimentação Asfáltica, com extensão total de 100,00 m (estacas 13+0,00 à 18+0,00), Terraplenagem, Drenagem Pluvial e Sinalização Viária.

O projeto básico/executivo é apresentado nos volumes discriminados abaixo e possuem a seguinte constituição:

- Volume 1 – Relatório do Projeto, **em formato A4**;
Anexo 1: Planilha Orçamentária, Cronograma físico-financeiro, Pesquisas de Mercado, Composições de Custos e BDI, **em formato A4**;
Anexo 2: Estudo Geotécnico, **em formato A4**;
Anexo 3: Anotação de Responsabilidade Técnica, **em formato A4**;
- Volume 2 – Projeto de Execução, **em formato A3**.

2. ESTUDO TOPOGRÁFICO

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Para o desenvolvimento da etapa de estudo topográfico, utilizou-se as seguintes normas técnicas:

- NBR 13.133, 1994. Execução de levantamento topográfico;
- NBR 14.166, 1998. Rede de Referência Cadastral Municipal – Procedimento;
- Especificações e Normas para Levantamentos Geodésicos associados ao Sistema Geodésico Brasileiro, 2017- IBGE;
- Manual Técnico de Posicionamento – Georreferenciamento de Imóveis Rurais, 2013 – INCRA.

2.2 PERÍODO DE REALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES

A execução do levantamento topográfico e geodésico, foi realizada no dia 14 de janeiro de 2022, a etapa de processamento dos dados levantados e adequação para etapas posteriores se desenvolveram durante o mês de janeiro de 2022.

2.3 METODOLOGIA DESENVOLVIDA

O trabalho contempla o levantamento planialtimétrico a partir do eixo central já existente e projeções perpendiculares ao eixo, para detalhamento das pistas principais e projeções, também foram efetuados coletas de demais elementos que constituem o projeto geométrico, sistemas de drenagem pluvial urbana existentes (Bocas de lobo, Bueiros), sistema de drenagem superficial (meio-fio).

Neste cenário, a área de levantamento planialtimétrico cadastral se desenvolveu, partindo do Ponto de Controle Geodésico – **PMM_1C**, este ponto foi estabelecido a partir de um marco de concreto existente localizado nas adjacências da rodovia, de forma provisória complementar à Rede Geodésica existente, sendo assim, sua funcionalidade foi específica para o levantamento do presente projeto.

O PCG – PMM_1C possui o par de coordenadas Universal Transversa Mercator, fuso nº 22, MC - 51º, N 6.807.285,241 / E 648.452,828/ Altitude ortométrica (H) 14,484 m.

No Volume – II, Plantas de Projeto Executivo, Planta de código 025-PEX-PAV-000-22-PE-PM-DE-018-003-2 encontra-se a localização do PCG PMM_1C.

Figura 1 - Local Ponto de Controle Geodésico PMM_1C.



Fonte: Centro de Engenharia e Geoprocessamento, CEGEO/IPAT/UNESC, 2021.

3. ESTUDO HIDROLÓGICO

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Estudo Hidrológico demonstra os resultados da coleta e processamento dos dados pluviométricos, com o objetivo de definir as vazões para o dimensionamento dos dispositivos de drenagem e obras de arte corrente. A seguir, descreve-se o desenvolvimento dos estudos bem como os resultados obtidos para o trecho em questão.

3.2 COLETA DE DADOS

O estudo concentra-se na escolha e na análise da estação hidrometeorológica, coleta, análise e tratamento dos dados pluviométricos e climáticos, tratamento estatísticos e cálculo de vazão.

Para o desenvolvimento do estudo faz-se necessário a coleta de dados pluviométricos, para tanto, foi realizado uma pesquisa das estações hidrometeorológicas de Santa Catarina disponíveis localizadas próximas ao empreendimento, a estação escolhida fica no município de Meleiro/SC e suas características estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Dados da estação pluviométrica de Meleiro/SC.

Código	02849024
Nome da estação	Meleiro
Bacia	8 – Atlântico, trecho sudeste
Sub-bacia	84 – Rios Tubarão, Araranguá
Rio	Sangão
Estado	Santa Catarina
Município	Içara
Responsável	ANA
Operadora	Epagri – SC
Latitude	28°51'13"S
Longitude	49°35'23"W
Altitude (m)	15

Fonte: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), 2021.

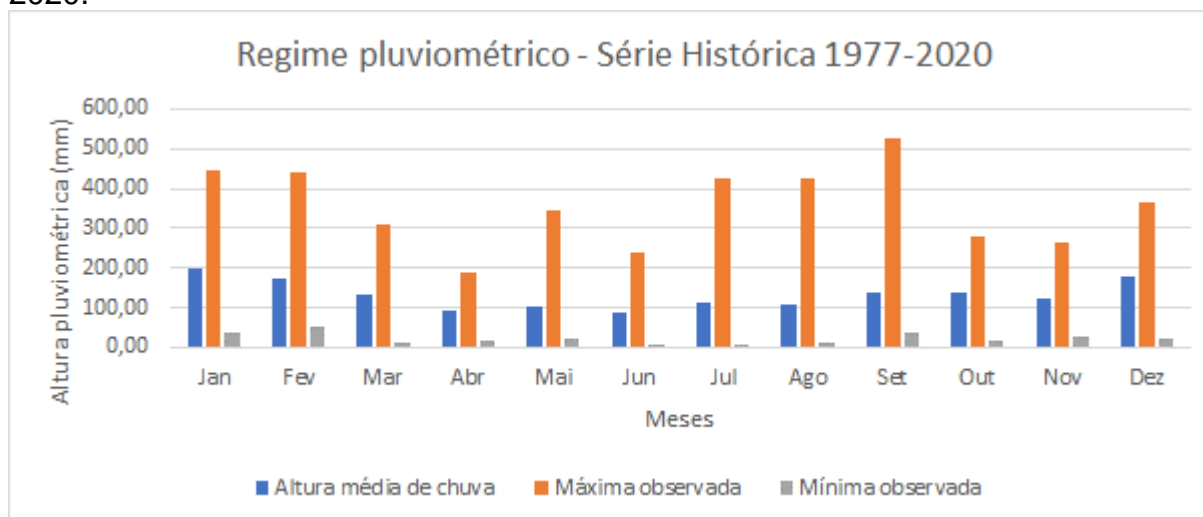
3.3 DADOS REGIONAIS

A temperatura média anual gira em torno dos 18 a 19 °C, com a variação da umidade relativa entre 79 a 86 % e uma precipitação total anual de 1.350 mm (Santa Catarina, 2018).

3.4 PLUVIOMETRIA

Para a análise pluviométrica deste estudo, os dados obtidos auxiliaram na representação do regime pluviométrico, Figura 2 apresenta os valores médios para cada caso de precipitação histórica na região de estudo em questão.

Figura 2 – Histograma do regime pluviométrico da estação de Meleiro – Série 1977-2020.



Fonte: Centro de Engenharia e Geoprocessamento, CEGEO/IPAT/UNESC, 2021.

Informações mais detalhadas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Estatísticas observadas sobre a estação de Meleiro – série 1977-2020.

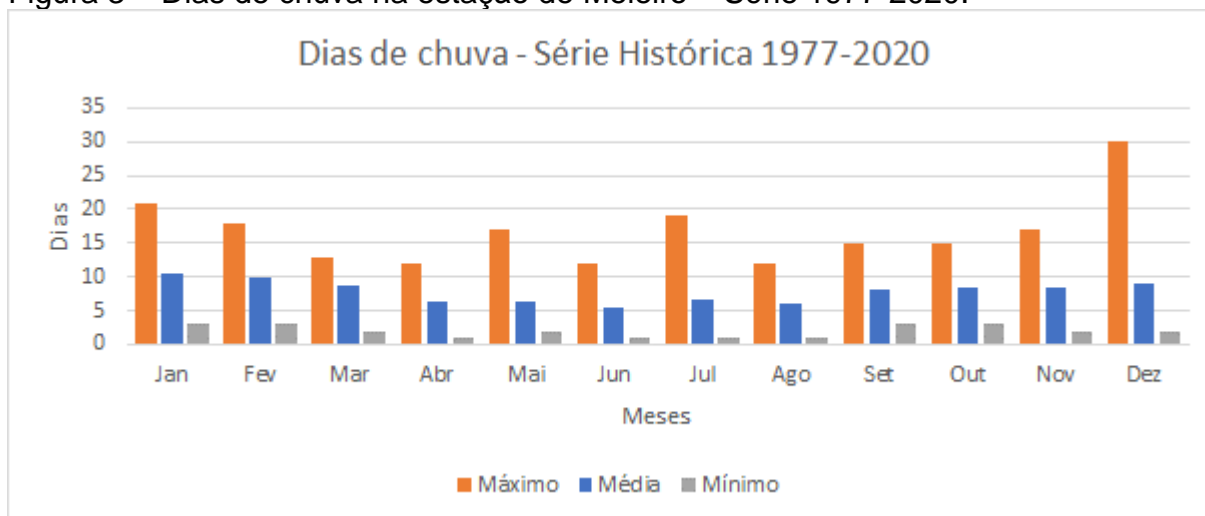
Estatísticas Observadas (mm) - Meleiro/SC				
Mês	Média	Maior	Menor	Mediana
Jan	198,12	446,00	36,60	193,50
Fev	174,34	439,00	53,50	163,50
Mar	135,07	310,00	12,00	133,20
Abr	90,95	186,60	17,00	88,65
Mai	104,67	342,60	19,50	81,05
Jun	89,46	239,00	8,00	70,25
Jul	111,86	427,90	5,00	109,85
Ago	106,52	428,00	10,00	76,20
Set	135,85	528,00	36,00	112,00
Out	138,70	279,30	18,20	129,45
Nov	122,53	264,90	27,00	113,50
Dez	176,94	365,90	20,00	129,70

Estatísticas Observadas (mm) - Meleiro/SC				
Mês	Média	Maior	Menor	Mediana
Anual	1585,01	4257,20	262,80	1400,85
Média	132,08	354,77	21,90	116,74

Fonte: Centro de Engenharia e Geoprocessamento, CEGEO/IPAT/UNESC, 2021.

Para ilustrar a quantidade média de dias de chuvas por mês para a série histórica foi gerado a Figura 3 a partir dos dados da estação.

Figura 3 – Dias de chuva na estação de Meleiro – Série 1977-2020.



Fonte: Centro de Engenharia e Geoprocessamento, CEGEO/IPAT/UNESC, 2021.

3.5 DETERMINAÇÃO DAS CURVAS DE INTENSIDADE, DURAÇÃO E FREQUÊNCIA

Estudos de chuvas máximas diárias realizada por Back (2001) em cem estações pluviométricas de Santa Catarina, constatou que a distribuição de Gumbel apresentou o melhor ajuste aos dados observados em 60% das estações, e em 93% das estações com menos de vinte anos de dados.

Na literatura, existem vários trabalhos mostrando que para determinação de chuvas intensas, a distribuição de Gumbel se ajusta bem e por isso tem sido largamente empregada, a metodologia de Gumbel é definida da seguinte maneira:

Equação 1: Precipitações diárias extremas.

$$X_t = \bar{x} + (Y - Y_n) * \left(\frac{s}{s_n}\right) \quad (1)$$

Onde:

X_t = Precipitação máxima diária;

\bar{x} = Média da precipitação máxima diária;

Y = Variável reduzida em função do período de retorno;

S = Desvio padrão da amostra;

Yn e Sn = Valor tabelado conforme o tamanho da série histórica, (Back, 2013).

Equação 2: Variável reduzida.

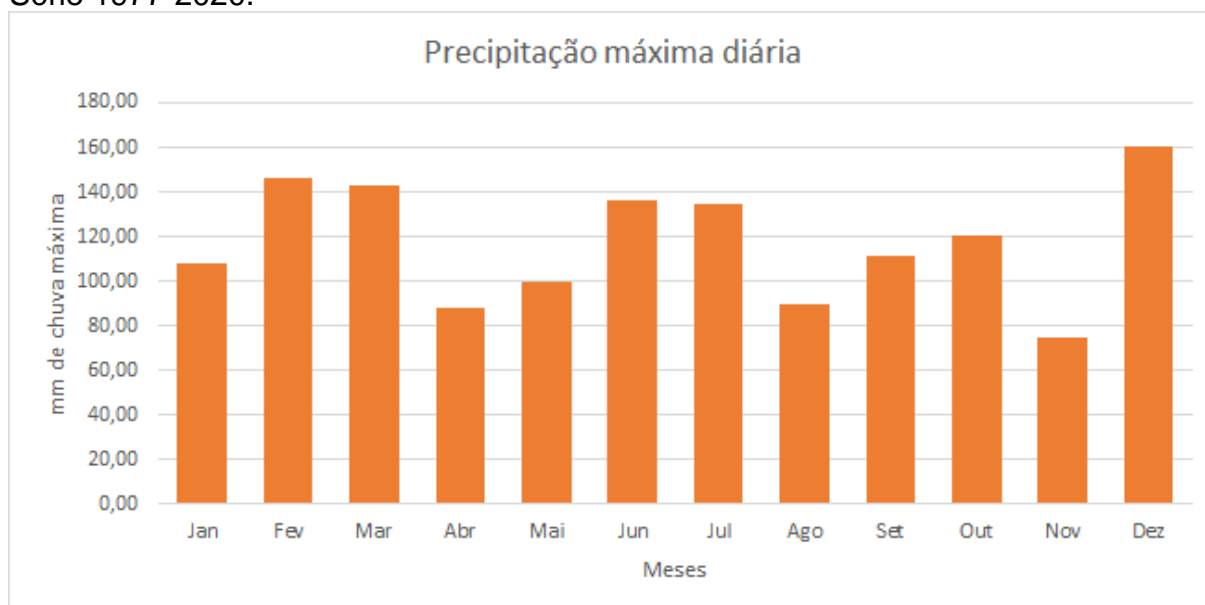
$$Y = -\ln\{-\ln[1 - (\frac{1}{T})]\} \quad (2)$$

Onde:

T = Período de retorno.

Para utilizar o método de Gumbel é preciso ter a média das precipitações diárias máximas da série histórica e o desvio padrão dos dados analisados. A Figura 4 apresenta os valores de precipitação máxima diária, no qual foram utilizados para obter os valores necessários para a metodologia empregada por Gumbel.

Figura 4 – Histograma da precipitação máxima diária para a estação de Meleiro – Série 1977-2020.



Fonte: Centro de Engenharia e Geoprocessamento, CEGEO/IPAT/UNESC, 2021.

Com base nos dados de precipitação máxima diária, desvio padrão e o tamanho da série histórica é possível obter os valores de altura pluviométrica máxima diária para o período de recorrência desejado, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Precipitação máxima diária estimada pelo método Gumbel para a estação pluviométrica de Meleiro.

Altura pluviométrica (mm)		
(T) (anos)	Variável (Y)	Precipitação (Xt) (mm)
2	0,3665	113,61
5	1,4999	139,90
10	2,2504	157,30
15	2,6738	167,12
20	2,9702	174,00
25	3,1985	179,29
50	3,9019	195,60
100	4,6001	211,80

Fonte: Centro de Engenharia e Geoprocessamento, CEGEO/IPAT/UNESC, 2021.

Para transformar as alturas pluviométricas máximas diárias em alturas pluviométricas horárias, aplica-se o método do Engenheiro Taborga Torrico. Segundo o método de Taborga, as alturas pluviométricas para 24 horas guardam uma relação constante e independente do período de retorno, de 1,095 com a altura pluviométrica máxima diária, e, para alturas de 1 hora e 0,1 hora pode-se identificar as isozonas de características iguais, definidas por Taborga no Mapa de Isozonas.

Localizado o trecho em questão no Mapa de Isozonas, observa-se que ele pertence a Zona “C” com os seguintes valores de transformação para chuvas de 24 horas, 1 hora e 0,1 hora (6 min) conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Transformação das chuvas máximas para a estação pluviométrica de Meleiro.

TR (ANOS)	1 dia/24 horas	H= 24 horas (mm)
10	1,095	172
15	1,095	183
25	1,095	196
50	1,095	214
100	1,095	232
TR (ANOS)	1 hora/24 horas	H= 1 hora (mm)
10	0,397	62
15	0,395	66
25	0,392	70
50	0,389	76
100	0,384	81
TR (ANOS)	0,1 hora/24 horas	H= 0,1 hora (mm)
10	0,098	15
15	0,098	16
25	0,098	18
50	0,095	19
100	0,088	19

Fonte: Centro de Engenharia e Geoprocessamento, CEGEO/IPAT/UNESC, 2021.

Com os dados de precipitação máxima disponíveis para 6 minutos, 1 hora e 24 horas, determinou-se através de interpolação logarítmica as alturas de chuvas de acordo com os demais tempos de duração e a intensidade de precipitação conforme a Tabela 4.

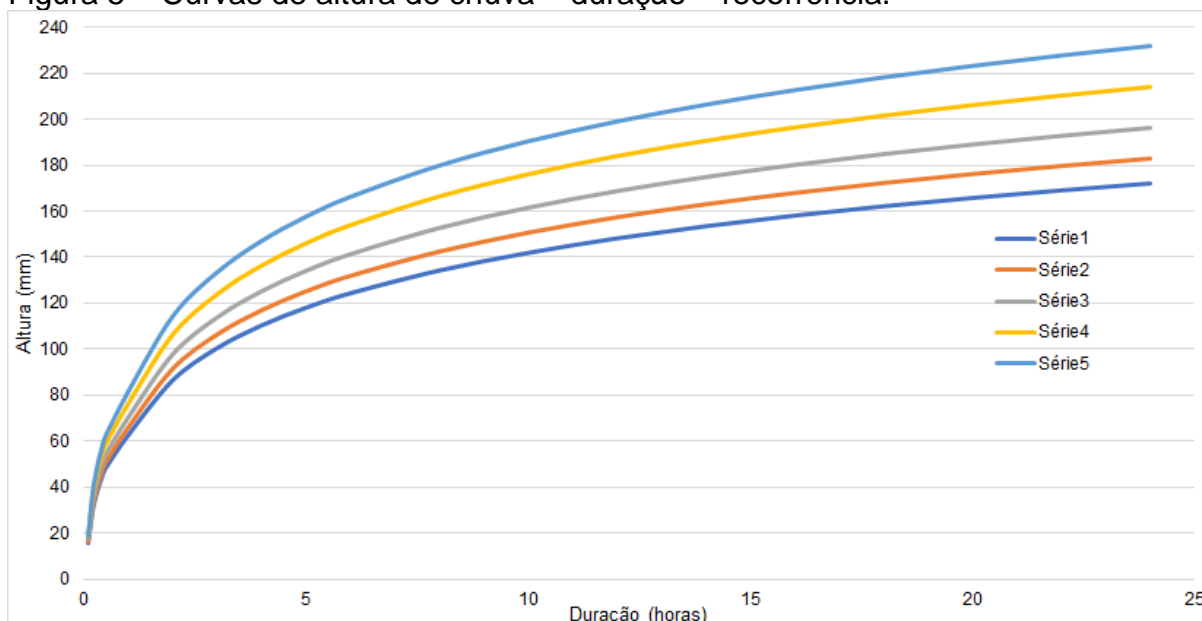
Tabela 4 – Altura e intensidade de precipitação para a estação pluviométrica de Meleiro.

Duração	TR=10 anos		TR=15 anos		TR=25 anos		TR=50 anos		TR=100 anos	
i (hora)	h (mm)	i (mm/h)	h (mm)	i (mm/h)	h (mm)	i (mm/h)	h (mm)	i (mm/h)	h (mm)	i (mm/h)
0,1	15	154	16	164	18	176	19	186	19	186
0,2	30	148	31	157	33	167	36	179	38	188
0,3	38	126	40	134	43	142	46	153	49	162
0,4	44	109	46	116	49	123	53	133	56	141
0,5	48	97	51	102	54	109	59	118	62	125
1	62	62	66	66	70	70	76	76	81	81
2	86	43	92	46	98	49	106	53	114	57
3	100	33	106	35	114	38	124	41	133	44
4	110	28	117	29	125	31	136	34	147	37
5	118	24	125	25	134	27	146	29	158	32
6	124	21	132	22	141	24	154	26	166	28
8	134	17	143	18	153	19	166	21	180	22
10	142	14	151	15	162	16	176	18	190	19
12	148	12	157	13	169	14	184	15	199	17
14	154	11	163	12	175	12	191	14	206	15
16	158	10	168	11	180	11	197	12	213	13
18	162	9	172	10	185	10	202	11	218	12
20	166	8	176	9	189	9	206	10	223	11
22	169	8	180	8	193	9	210	10	228	10
24	172	7	183	8	196	8	214	9	232	10

Fonte: Centro de Engenharia e Geoprocessamento, CEGEO/IPAT/UNESC, 2021.

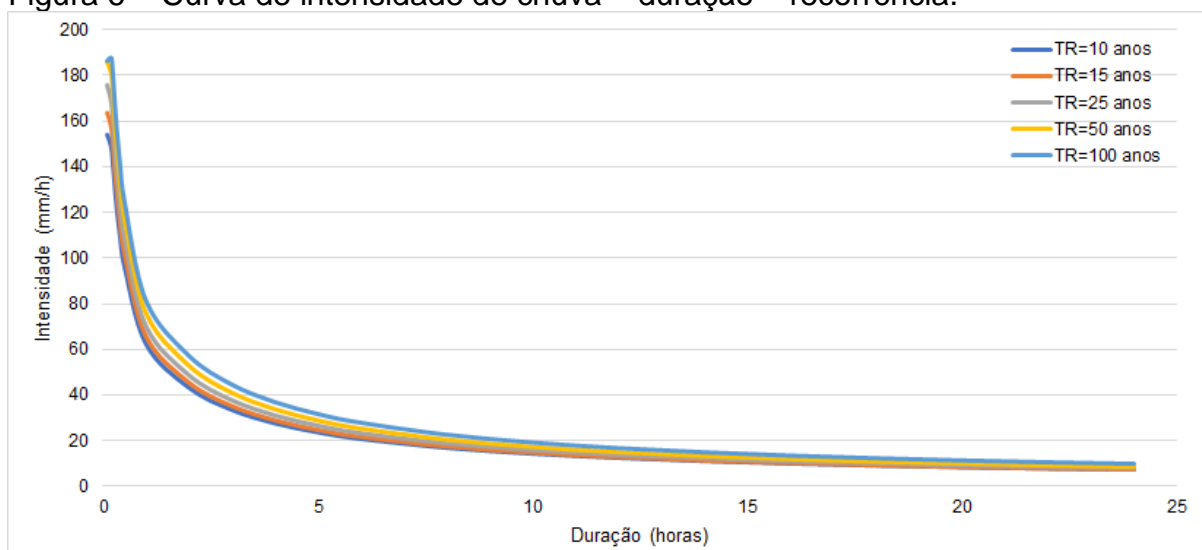
Utilizando os dados da Tabela 4 pode-se construir as curvas de altura de chuva – duração – tempo de recorrência e as curvas de intensidade – duração – frequência conforme a Figura 5 e Figura 6.

Figura 5 – Curvas de altura de chuva – duração – recorrência.



Fonte: Centro de Engenharia e Geoprocessamento, CEGEO/IPAT/UNESC, 2021.

Figura 6 – Curva de intensidade de chuva – duração – recorrência.



Fonte: Centro de Engenharia e Geoprocessamento, CEGEO/IPAT/UNESC, 2021.

3.6 CÁLCULO DAS VAZÕES

Conforme a Instrução de Serviço do DNIT – IS 203 de 2006, as vazões de contribuição para o dimensionamento das obras de arte correntes, são calculadas utilizando os seguintes limites:

- Bacias com áreas de até 4 km²: Método Racional;

- Bacias com áreas entre 4 km² até 10 km²: Método Racional Corrigido;
- Bacias com áreas superiores a 10 km²: Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT).

As bacias foram caracterizadas com base nos seguintes dados:

- Modelo digital do terreno (MDT), disponibilizado pela Secretaria de Desenvolvimento Sustentável (SDS);
- Levantamento planialtimétrico;
- Inspeção em campo.

3.6.1 Método racional

Analisando o mapa das bacias de contribuição foi possível definir que o método empregado que melhor se enquadra no dimensionamento é o método racional, este método é representado pela seguinte fórmula:

Equação 3: Vazão da bacia.

$$Q = (C * A * I) / 3,6 \quad (3)$$

Onde:

Q = Vazão de projeto, (m³/s);

C = Coeficiente de deflúvio, adimensional;

A = Área da bacia, (km²);

I = Intensidade da chuva, (mm/h).

3.6.2 Tempo de recorrência (TR)

Para este projeto adotou-se, atendendo a Instrução de Serviço do DNIT, os seguintes tempos de recorrência:

Drenagem superficial, TR=10 anos;

Bueiros tubulares:

- Como canal: TR=15 anos;
- Como orifício: TR=25 anos;

Bueiros celulares (galerias):

- Como canal: TR=25 anos;
- Como orifício: TR=50 anos;

Pontilhões: TR=50 anos;

Pontes: TR=100 anos.

3.6.3 Bacias hidrográficas

No projeto geométrico consta a delimitação de todas as bacias hidrográficas contidas neste projeto. A seguir serão apresentados a metodologia de cálculo das vazões de cada bacia e seus valores serão encontrados no enquadramento de cada método (Racional, Racional Corrigido ou HUT), de acordo com seu respectivo tamanho.

3.6.4 Coeficiente de deflúvio

Os valores do coeficiente de escoamento (deflúvio – Run-Off) "C" são obtidos no Quadro 2 apresentado abaixo e estruturado em função das características das bacias. Para cada bacia analisada, foi levado em consideração as diferentes coberturas de solo e sua respectiva utilização, de acordo com o "C" de áreas urbanas, suburbanas e rurais. Desta maneira, chegar a valores mais próximos da realidade; isto é, valores efetivos menores e conseqüentemente tempos de concentração maiores, contribuindo para uma melhor aproximação do amortecimento real de cada bacia.

Quadro 2 – Valores para o coeficiente de deflúvio.

Descrição das áreas das bacias tributárias	Coeficiente de deflúvio (C)
Comércio:	
Áreas centrais	0,70 a 0,95
Áreas da periferia do centro	0,50 a 0,70
Residencial:	
Áreas de uma única família	0,30 a 0,50
Multi-unidades, isoladas	0,40 a 0,60
Multi-unidades, ligadas	0,60 a 0,75
Área de apartamento	0,50 a ,070
Industrial:	
Áreas leves	0,50 a 0,80
Áreas densas	0,60 a 0,90
Parques, cemitérios	0,10 a 0,25
Playgrounds	0,20 a 0,35
Pátio	0,20 a 0,40
Terrenos Baldios	0,10 a 0,30
Ruas:	
Asfalto	0,70 a 0,95
Concreto	0,80 a 0,95

Descrição das áreas das bacias tributárias	Coeficiente de deflúvio (C)
Gramado, solo arenoso:	
Plano, 2%	0,05 a 0,10
Médio, 2 a 7 %	0,10 a 0,15
Íngreme, 7%	0,15 a 0,20
Gramado, solo compacto	
Plano, 2%	0,13 a 0,17
Médio, 2 a 7 %	0,18 a 0,22
Íngreme, 7%	0,15 a 0,35

Fonte: BRASIL, 2005.

3.6.5 Dimensionamento dos bueiros

Para o dimensionamento dos bueiros foi utilizado a equação de *Manning*, realizando algumas deduções matemáticas foi possível obter a fórmula modificada de *Maninng* sendo:

Equação 4: Diâmetro da tubulação.

$$D = k * \left(n * \frac{Q}{\sqrt{I}} \right)^{0,375} \quad (4)$$

Onde:

D = Diâmetro da tubulação, (m);

k = Fator de correlação, adimensional;

n = Coeficiente de rugosidade, adimensional;

Q = Vazão de projeto, (m³/s);

I = Inclinação do tubo, (m/m).

Para o fator “n”, foi utilizado o valor de 0,012, correspondente ao tubo de concreto e para o valor de “k” é preciso analisar a Tabela 5 apresentada por Back (2006), nela é possível definir o valor procurado pela correlação entre a altura da lâmina de água (Y) com o diâmetro da tubulação (D), a literatura recomenda valores menores que 0,80, para o projeto foi optado pelo valor de 0,80.

Tabela 5 – Valores de k para relações entre Y/D.

Y/D	k	Y/D	k
0,05	11,464	0,55	1,892
0,10	6,607	0,60	1,797
0,15	4,812	0,65	1,719
0,20	3,859	0,70	1,655

Y/D	k	Y/D	k
0,25	3,263	0,75	1,603
0,30	2,854	0,80	1,562
0,35	2,555	0,85	1,531
0,40	2,328	0,90	1,512
0,45	2,150	0,95	1,507
0,50	2,008	1,00	1,548

Fonte: Back, 2006.

3.6.5.1 Área mínima

Define-se como área mínima, a porção bidimensional de solo, a partir da qual, qualquer área menor que esta não implicará na redução do diâmetro da tubulação mínima normalmente adotado que é de Ø 0,50 m, diâmetro este que se mostra eficiente na manutenção das obras. Portanto, a área mínima, é função do diâmetro mínimo estipulado para ser usado no projeto. Para este caso, utilizou-se como diâmetro mínimo Ø 0,50 m.

3.6.5.2 Regime de escoamento (Fr)

A análise do regime de escoamento é importante para definir a partir do diâmetro escolhido, se o escoamento será subcrítico ou supercrítico, a literatura cita em evitar valores maiores que 1, correspondente ao supercrítico, pois neste regime, a água apresenta grande velocidade, sobre-elevações e propagações de onda, o ressalto hidráulico é um dos exemplos citados desse regime, para a aprovação do diâmetro escolhido os valores de regime devem resultar em números menores que 1, correspondente ao regime subcrítico. A equação citada por Back (2006) é apresentada a seguir:

Equação 5: Regime de escoamento.

$$Fr = \left(\frac{V}{\sqrt{g \cdot Y}} \right) \quad (5)$$

Onde:

Fr = Número de Froude, adimensional;

V = Velocidade da água no tubo, (m/s);

g = Aceleração da gravidade, (9,81 m/s²);

Y = Altura da lâmina de água, (0,80 * D (Diâmetro)).

3.6.6 Dimensionamento das bocas de lobo

O dimensionamento das bocas de lobo se baseou nas orientações escritas no livro de Back (2006), o cálculo para o funcionamento da boca de lobo do tipo vertedor é calculado por:

$$Q = 1,703 * L * y^{1,5}$$

Onde:

Q = Vazão (m³/s);

L = Largura da soleira (m);

y = Altura máxima da água junto a guia (m), considerando que a altura deve ser igual o menor que a altura da guia.

4. PROJETO GEOMÉTRICO

4.1 CONCEPÇÃO

A elaboração do projeto geométrico, foi desenvolvido a partir dos dados levantados e processados no Estudo Topográfico. O projeto foi desenvolvido em plataforma de modelagem BIM, por meio do software AutoCAD Civil 3D, que é uma ferramenta para solução de projetos de infraestrutura, tais como estradas, ferrovias, drenagem e mineração de barragem.

A partir do levantamento topográfico, obtém-se o modelo digital do terreno, onde neste, representa a situação do relevo natural e onde desenvolve-se o projeto executivo, alinhamentos e perfis necessários para trabalho. O software é voltado para engenheiros, topógrafos, agrimensores, técnicos em estradas, estudantes, empresas de barragens, rodovias, usinas e grandes construções que precisam de uma ferramenta completa para o trabalho de manipulação de desenvolvimento de terrenos.

4.2 METODOLOGIA

Utilizou-se como orientação do desenvolvimento do Projeto Geométrico Básico os parâmetros presentes:

- Manual de Projetos Geométricos de Rodovias Rurais – DNER (1999);
- Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas DNIT (2010);
- Manual de projetos de interseções (IPR – 718, 2005);
- Diretrizes para a concepção de estradas – DER-SC (2000), parte 1 e 2;
- Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários (Escopos Básicos/Instruções de Serviço) DNIT (2006);
- Projeto Geométrico de Rodovias – SHU HAN LEE (2015).

4.3 ELEMENTOS GEOMÉTRICOS

Rodovia Demétrio José da Rocha: Como eixo de projeto, foi estabelecido o centro da Rodovia, ao total, este trecho possui 360,00 metros compreendidos entre as estacas (estacas 00+0,00 à 18+0,00) conforme desenhos de engenharia (Volume 2) e Quadro 3.

Quadro 3 – Elementos Geométricos – Rodovia Demétrio José da Rocha.

ELEMENTOS GEOMÉTRICOS - ALINHAMENTO - ROD_JOSE_DEMETRIO_DA_ROCHA										
Nº	DEFLEXÃO/ AZIMUTE	R (m)	D/L (m)	AC	TE-PC	ET-PT	PONTO	PI	TE-PC	ET-PT
L1	243° 43' 51.24"	-	246,614	-	0+0,000	12+6,614	N E	-	6807332,4860 648591,4580	6807223,3378 648370,3133
L4	243° 43' 51.24"	-	246,614	-	0+0,000	12+6,614	N E	-	6807332,4860 648591,4580	6807223,3378 648370,3133
L7	243° 43' 51.24"	-	246,614	-	0+0,000	12+6,614	N E	-	6807332,4860 648591,4580	6807223,3378 648370,3133
C-2	-	1520,000	14,772	000° 33' 24.63"	12+6,614	13+1,386	N E	6807220,0687 648363,6898	6807223,3378 648370,3133	6807216,7354 648357,0984
C-4	-	1520,000	14,772	000° 33' 24.63"	12+6,614	13+1,386	N E	6807220,0687 648363,6898	6807223,3378 648370,3133	6807216,7354 648357,0984
C-6	-	1520,000	14,772	000° 33' 24.63"	12+6,614	13+1,386	N E	6807220,0687 648363,6898	6807223,3378 648370,3133	6807216,7354 648357,0984
L2	243° 10' 26.61"	-	127,478	-	13+1,386	19+8,864	N E	-	6807216,7354 648357,0984	6807159,2072 648243,3398
L5	243° 10' 26.61"	-	127,478	-	13+1,386	19+8,864	N E	-	6807216,7354 648357,0984	6807159,2072 648243,3398
L8	243° 10' 26.61"	-	127,478	-	13+1,386	19+8,864	N E	-	6807216,7354 648357,0984	6807159,2072 648243,3398
C-1	-	1420,000	24,971	001° 00' 27.28"	19+8,864	20+13,835	N E	6807153,5724 648232,1975	6807159,2072 648243,3398	6807147,7427 648221,1560
C-3	-	1420,000	24,971	001° 00' 27.28"	19+8,864	20+13,835	N E	6807153,5724 648232,1975	6807159,2072 648243,3398	6807147,7427 648221,1560
C-5	-	1420,000	24,971	001° 00' 27.28"	19+8,864	20+13,835	N E	6807153,5724 648232,1975	6807159,2072 648243,3398	6807147,7427 648221,1560
L3	242° 09' 59.33"	-	117,017	-	20+13,835	26+10,852	N E	-	6807147,7427 648221,1560	6807093,1070 648117,6770
L6	242° 09' 59.33"	-	117,017	-	20+13,835	26+10,852	N E	-	6807147,7427 648221,1560	6807093,1070 648117,6770
L9	242° 09' 59.33"	-	117,017	-	20+13,835	26+10,852	N E	-	6807147,7427 648221,1560	6807093,1070 648117,6770

5. PROJETO DE TERRAPLENAGEM

5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS E OBJETIVOS

O projeto de terraplenagem tem por objetivo definir e preparar a seção geométrica mediante a execução de cortes e aterros e estimar os volumes que serão movimentados em proposta do corredor, possibilitando a determinação do custo. A seguir, apresenta-se as diretrizes que nortearam este projeto.

5.2 PROJETO GEOMÉTRICO

A largura da plataforma de terraplenagem foi definida em função das características técnicas, operacionais e geométricas da via. Após a definição da geometria em planta e do perfil do traçado, realizou-se a aplicação das seções transversais para definição de cortes e aterros. Cabe a ressalva, que neste projeto a movimentação de terraplenagem é pequena, haja visto que as estradas já existem, sendo realizada, apenas a regularização do subleito e ajuste no greide, na parte ainda por pavimentar.

Rodovia Demétrio José da Rocha (lote 2) – Neste trecho haverá a remoção de materiais de Subleito e ajustes no greide serão necessários. Para a concepção do corpo estradal da Rodovia Demétrio José da Rocha, serão necessários a remoção de 557,18 m³ de material do Subleito (Quadro 4) (da 13+0,00m até a estaca 18+0,00 m), visando adequar o greide conforme especificações do projeto geométrico.

Quadro 4 – Volume de material para de empréstimo para adequação do greide da Rodovia Demétrio José da Rocha.

VOLUME TOTAL							
Estaca	Área de Corte (m ²)	Área de Aterro (m ²)	Volume de Corte (m ³)	Volume de Aterro (m ³)	Volum. Corte Acum. (m ³)	Volum. Aterro Acum. (m ³)	Volume Líquido (m ³)
13+00	5,71	0,00	113,87	0,00	0,00	0,00	0,00
14+0,00	5,52	0,00	112,30	0,00	112,30	0,00	112,30
15+0,00	5,16	0,00	106,74	0,00	219,04	0,00	219,04
16+0,00	5,39	0,00	105,43	0,00	324,47	0,00	324,47
17+0,00	6,10	0,00	114,88	0,00	439,35	0,00	439,35
18+0,00	5,68	0,00	117,83	0,00	557,18	0,00	557,18

5.3 PARÂMETROS UTILIZADOS

Mediante os estudos geológicos e geotécnicos, foram definidos os seguintes parâmetros, utilizados quando necessário:

- Taludes de corte e aterro:
 - Corte: 1:1 (H:V) em materiais classificados em solo;
 - Aterro: 1:1,5 (H:V);
 - Aterro: 1:1,5 (H:V) para aterros em rocha.
 - Horizontes dos materiais classificando-os em solo;
 - Capacidade de suporte de materiais de subleito;
 - Aplicação de materiais de compensação corte/aterro;
 - Remoção de solos inservíveis.

6. ESTUDO GEOTÉCNICO E PROJETO GEOTÉCNICO

O objetivo do estudo é conhecer as características dos materiais constituintes do subleito, classificar os materiais de cortes, jazidas e fundações de aterros, determinando suas características geotécnicas, analisando e indicando os materiais a serem utilizados na terraplenagem, pavimentação, drenagem e obras de arte.

O plano de trabalho adotado no desenvolvimento dos Estudos Geotécnicos compreendeu as seguintes atividades fases:

- Fase preliminar: Programação de investigações geotécnicas;
- Fase de campo: Prospeções geotécnica e coleta de amostras;
- Fase de laboratório: Execução dos ensaios;
- Fase de escritório: Análise e processamento dos resultados.

Para o presente estudo adotaram-se como referência as instruções contidas na Instrução de Serviço para Estudo Geotécnico (IS nº 206), em vigência no DNIT.

Foi elaborado um plano de sondagem integral para os trechos, analisando-se o projeto geométrico (planta e perfil) e as seções gabaritadas de terraplenagem.

Por meio das prospeções geotécnicas coletou-se as amostras do solo para realização dos ensaios de caracterização física e mecânica.

Os ensaios a serem realizados são descritos a seguir:

- Caracterização Física:
 - Granulometria por peneiramento – Método DNER – ME 080/94;
 - Limite de liquidez – Método DNER – ME 044/71 e ABNT – MB 30;
 - Limite de plasticidade – Método DNER – ME 082/94;
- Caracterização Mecânica:
 - Compactação – Método DNER – ME 129/94 e 162/94;
 - Índice de Suporte Califórnia – Método DNER ME 049/94.

6.1 MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO E DISTÂNCIA MÉDIA DE TRANSPORTE (DMT)

Para composição do DMT dos materiais pétreos e asfálticos, utilizou-se a localização da usina de asfalto e pedreira de propriedade da Cedro Engenharia,

Comércio e Mineração Ltda, situada no município de Maracajá/SC e para a areia, utilizou-se a localização de uma jazida de areia situada no município de Balneário Rincão/SC.

As distâncias médias de transporte dos materiais aplicados na obra são orientativas, ficando a cargo da contratada a obtenção, liberação e operação das jazidas, pedreiras, usinas que lhe for mais conveniente para fornecimento de material necessário a implantação da obra, visto que estão contemplados nos itens da planilha de orçamento deste projeto o fornecimento e aplicação do material. Como também, a obtenção de licenças e autorizações dos bota-foras para depósito dos materiais proveniente dos cortes, remoções e rebaixos realizados ao longo das Vias Projetadas.

A Tabela 6 apresenta o resumo das distâncias médias de transporte dos materiais e a Figura 7 apresenta a localização do trecho.

Tabela 6 – Distâncias média de transporte dos materiais

Material	Origem	Destino	Empresa	DMT comercial (km)	
				Pavimentada	Não pavimentada
BGS	Maracajá - SC	Canteiro de obras	Cedro	6,0	-
Macadame	Maracajá - SC	Canteiro de obras	Cedro	6,0	-
CBUQ	Maracajá - SC	Canteiro de obras	Cedro	6,0	-
Areia	Baln. Rincão – SC	Canteiro de obras	-	20,1	-

Figura 7 – Distância média de transporte da jazida comercial de material pétreo

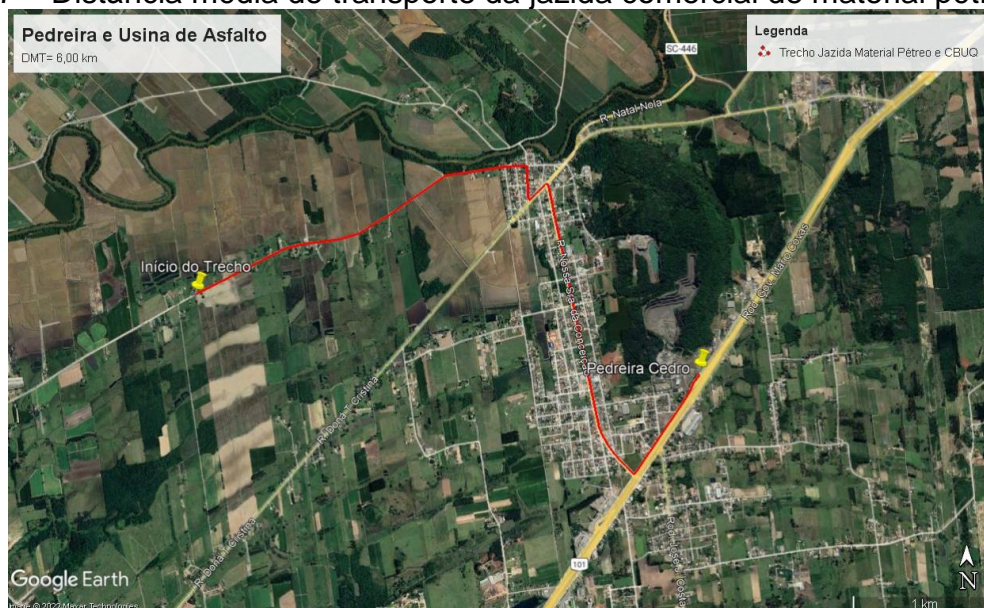
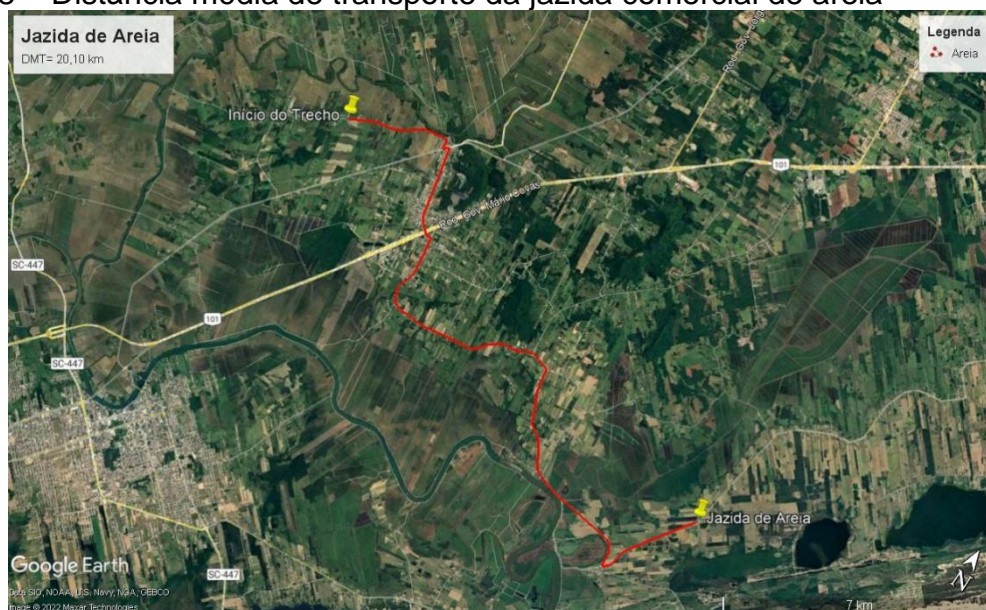


Figura 8 – Distância média de transporte da jazida comercial de areia



7. PROJETO DE DRENAGEM E OAC

7.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS E OBJETIVOS

O sistema de drenagem tem por objetivo a captação, a condução e o deságue, de forma rápida e eficiente, das águas que, precipitando sobre a pista e/ou as áreas adjacentes, por infiltração ou escoamento superficial, podem comprometer o conforto e a segurança dos usuários e a durabilidade da via.

O projeto de drenagem e Obras de Artes correntes (OAC) utiliza como referência os dados fornecidos pelo Projeto Geométrico e informações contidas no Estudo Hidrológico.

Os trabalhos foram desenvolvidos seguindo as diretrizes e instruções relacionadas a seguir:

- IPR-715 - Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem;
- IPR-724 - Manual de drenagem de rodovias.

7.2 DRENAGEM SUPERFICIAL

A drenagem superficial tem a função de interceptar a água que escoar no corpo estradal e áreas adjacentes e conduzi-las de forma segura para um corpo hídrico, lagoas, lagos ou outras drenagens.

7.2.1 Dispositivos de drenagens superficiais

Para a definição dos dispositivos de drenagem foi utilizado os modelos apresentados no Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem do DNIT - 2018.

Verificou-se que no trecho do projeto não haverá a necessidade de implantação de dispositivos de drenagem.

8. PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

8.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Projeto de Pavimentação tem por objetivo definir os materiais que serão utilizados na composição das camadas constituintes do pavimento, determinando suas espessuras, estabelecendo as seções transversais tipo da plataforma do pavimento e obtendo os quantitativos de serviços e materiais referentes à pavimentação.

De forma geral a estrutura do pavimento deverá atender as seguintes características: proporcionar conforto ao usuário que trafegará pela via; resistir e distribuir os esforços verticais oriundos do tráfego; resistir aos esforços horizontais.

8.2 ESTUDO DE TRÁFEGO

O objetivo do Estudo de Tráfego é obter, através de métodos sistemáticos de coleta, dados relativos aos elementos fundamentais do tráfego, tais como: motorista, pedestre, via e meio ambiente; e seu interrelacionamento.

A determinação do volume de tráfego atual e futuro da via, tem como objetivo fornecer subsídios para a concepção de elementos da geometria e dimensionamento da estrutura do pavimento.

Para dar subsídios ao desenvolvimento do estudo, buscou-se dados existentes de tráfego junto a Prefeitura Municipal de Maracajá, que disponibilizou o seguinte estudo:

- Estudo de Tráfego da Rodovia Demétrio José da Rocha, anexo ao Projeto de Pavimentação Asfáltica da Rodovia Demétrio José da Rocha – Trecho 02, elaborado por Litoral Sul Consultoria e Projetos de Engenharia Eireli, elaborado em 2019.

A Tabela 7 apresenta a estimativa do número “N” extraídos do estudo de tráfego supracitado.

Tabela 7 – Estimativa do número $N_{8,2t}$

ANO	VP	ON	CL	CM	CP	RS	$365 \cdot FR \cdot FP$	$\Sigma(Vi \cdot Fvi)$	ANUAL	ACUMULADO
2019	212	5	25	31	35	13	182,50	315,50	57578,75	57578,75
2020	218	5	25	31	36	14	182,50	322,98	58943,85	116522,60
2021	225	5	26	32	37	14	182,50	330,62	60338,15	176860,75

ANO	VP	ON	CL	CM	CP	RS	365*FR*FP	$\Sigma(Vi*Fvi)$	ANUAL	ACUMULADO
2022	231	5	27	33	38	14	182,50	338,44	61765,3	238626,05
2023	238	5	27	34	39	14	182,50	346,45	63227,13	301853,18
2024	245	6	28	35	40	15	182,50	354,65	64723,63	366576,80
2025	253	6	29	36	41	15	182,50	363,04	66254,8	432831,60
2026	260	6	29	36	42	15	182,50	371,64	67824,3	500655,90
2027	268	6	30	37	43	16	182,50	380,44	69430,3	570086,20
2028	276	6	31	38	44	16	182,50	389,45	71074,63	641160,83
2029	284	6	32	39	45	16	182,50	398,67	72757,28	713918,10
2030	293	6	32	40	46	17	182,50	408,12	74481,9	7,884 E+05

Fonte: Litoral Sul Consultoria e Projetos de Engenharia, 2019.

Com base na Tabela 7, foi possível então projetar o tráfego para o período do projeto (2022 – 2032) conforme detalhado na Tabela 8.

Tabela 8 - Estimativa do número $N_{8,2t}$ para o período do projeto

ANO	VP	ON	CL	CM	CP	RS	365*FR*FP	$\Sigma(Vi*Fvi)$	ANUAL	ACUMULADO
2019	212	5	25	31	35	13	182,50	315,50	57578,75	57578,75
2020	218	5	25	31	36	14	182,50	322,98	58943,85	116522,60
2021	225	5	26	32	37	14	182,50	330,62	60338,15	176860,75
2022	231	5	27	33	38	14	182,50	338,44	61765,3	238626,05
2023	238	5	27	34	39	14	182,50	346,45	63227,13	301853,18
2024	245	6	28	35	40	15	182,50	354,65	64723,63	366576,80
2025	253	6	29	36	41	15	182,50	363,04	66254,8	432831,60
2026	260	6	29	36	42	15	182,50	371,64	67824,3	500655,90
2027	268	6	30	37	43	16	182,50	380,44	69430,3	570086,20
2028	276	6	31	38	44	16	182,50	389,45	71074,63	641160,83
2029	284	6	32	39	45	16	182,50	398,67	72757,28	713918,10
2030	293	6	32	40	46	17	182,50	408,12	74481,9	788400,00
2031	302	6	33	41	47	17	182,50	417,68	76226,82	864626,82
2032	311	6	34	42	48	17	182,50	427,58	78034,13	9,43E+05

O número de solicitações equivalentes ao eixo padrão de 8,2 toneladas calculado para a rodovia é de **9,43 x 10⁵** para um período de projeto de 10 anos.

8.3 DIMENSIONAMENTO

Para a definição das diversas camadas constituintes do pavimento foi utilizado o Método de dimensionamento de Pavimentos Flexíveis do DNER.

O Quadro 5 apresenta as espessuras mínimas de revestimentos betuminosos.

Quadro 5 – Espessuras mínimas de revestimento betuminoso

N	ESPESSURAS MÍNIMAS REVESTIMENTO BETUMINOSO
$N < 10^6$	Tratamento Superficial Betuminoso
$10^6 < N < 5 \times 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessuras
$5 \times 10^6 < N < 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N < 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto Betuminoso com 12,5 cm de espessura

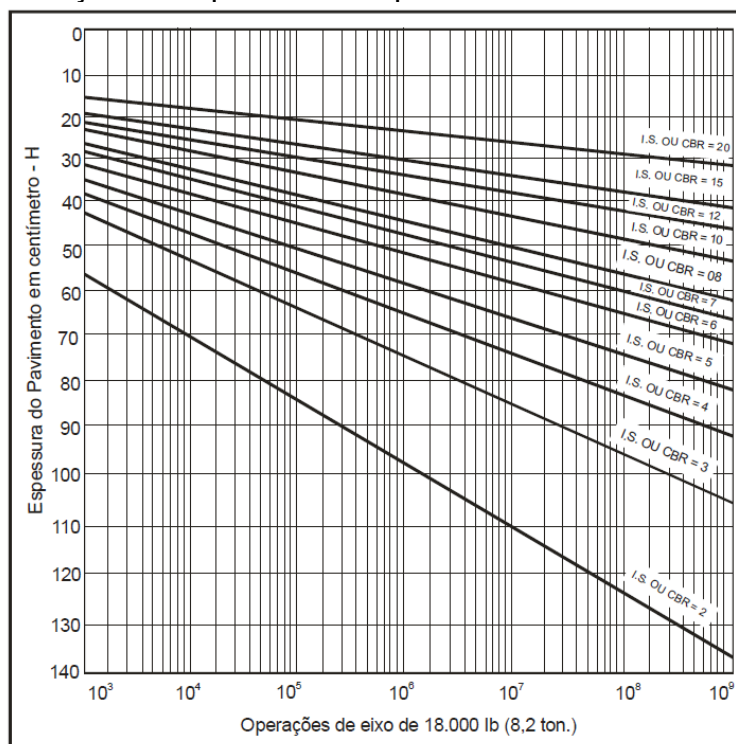
Fonte: Manual de pavimentação, DNIT, 2006.

O dimensionamento pressupõe que está assegurada uma drenagem superficial adequada, bem como, um conveniente rebaixamento do lençol d'água, a pelo menos 1,50 m abaixo do greide de regularização.

Ocorrendo materiais com índice de suporte (ISC) abaixo de 2% e ou com expansão acima de 2%, recomenda-se a solução de remoção de camada, com pelo menos 60 cm de espessura abaixo da superfície de regularização e, substituição por materiais selecionados.

O Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis vale-se de um gráfico (Figura 9), com auxílio do qual se obtém a espessura total do pavimento, em função do número N e do valor do ISC característico.

Figura 9 – Determinação de espessuras do pavimento



Fonte: Manual de pavimentação, DNIT, 2006.

Coeficiente de Equivalência Estrutural - São os seguintes os coeficientes de equivalência estrutural para os diferentes materiais constitutivos do pavimento (Quadro 6).

Quadro 6 – Coeficiente de equivalência estrutural

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

Fonte: Manual de pavimentação, DNIT, 2006.

Determinadas às espessuras H_m , H_n , H_{20} pelo gráfico característico do método, e R pelo Quadro 5, as espessuras da base (B), sub-base (h_{20}) e camada de revestimento primário e ou de conformação de greide (h_n), são obtidas pela resolução sucessiva das seguintes inequações:

$$R \cdot KR + B \cdot KB \geq H_{20}$$

$$R \cdot KR + B \cdot KB + h_{20} \cdot KSB \geq H_n$$

$$R \cdot KR + B \cdot KB + h_{20} \cdot KSB + h_n \cdot KREF \geq H_m$$

$$R \cdot KR + B \cdot KB + h_{20} \cdot KSB + h_n \cdot KREF \geq H_m$$

Onde:

KR: coeficiente de equivalência estrutural do revestimento;

R: espessura do revestimento;

KB: coeficiente de equivalência estrutural da base;

B: espessura da base;

H_{20} : espessura de pavimento sobre a sub-base;

KSB: coeficiente de equivalência estrutural da sub-base;

h_{20} : espessura da sub-base;

H_n : espessura do pavimento sobre a camada com $IS = n$;

KREF: coeficiente de equivalência estrutural do reforço de subleito;

hn: espessura do reforço do subleito;

Hm: espessura total do pavimento.

De acordo com o Quadro 5, em função do número “N” obtém-se como revestimento apenas um tratamento superficial, entretanto, adotou-se uma camada com espessura de 5,00 cm de revestimento em Concreto Betuminoso.

Para caracterização do solo do subleito foram analisados o Relatórios de Ensaio nº 0045/2022 e 0046/2022. Foram coletadas amostras e realizados os ensaios de compactação e de CBR, com medida da expansão. Os resultados indicaram solo com expansão acima de 2,00 %, não sendo possível seu uso para a camada final de terraplenagem. Geralmente, indica-se a remoção e substituição por material de melhor qualidade com espessura de 60,0 cm. Porém, devido ao alto custo do material pétreo e transporte, indica-se o emprego de camada de areia inibidora de expansão.

Utilizou-se os estudos realizados no Projeto Final de Engenharia da rodovia SC-439, trecho: Urubici – Grão Pará - segmento 3, onde foram executados ensaios de sobrecarga com objetivo de definir a espessura necessária de material para inibir a expansão de forma a não prejudicar o pavimento e os estudos realizados no Projeto de Engenharia da Implantação e Pavimentação da Via Rápida: Criciúma – BR-101, realizados pela Prosul Projetos, Supervisão e Planejamento Ltda.

Para inibir uma expansão de 4,0% para 2,0% é necessária uma sobrecarga de 550 kgf/m². Portanto, para o presente projeto será utilizado uma camada de 20,0 cm de areia (MEAS=1.800 kgf/m³) para que a pressão exercida pelas camadas do pavimento seja suficiente para inibir a expansão de 2,38 % para 1,08 %.

Em resumo a camada estrutural para CBR > 7,4% do subleito, o pavimento deverá ter espessura mínima total de 45 cm, adotando a seguinte composição:

Tabela 9 – Seção do pavimento

Camada	Material	Espessura
Revestimento	CBUQ	5,0 cm
Base	Brita Graduada	15,0 cm
Sub-base CBR≥20%	Macadame Seco	20,0 cm
Reforço Sub-leito CBR≥10%	Areia	20,0 cm
Sub-leito CBR=7,4%	Solo existente	

9. PROJETO DE SINALIZAÇÃO

9.1.1 Sinalização vertical

O projeto de sinalização foi desenvolvido segundo as orientações e recomendações preconizadas pelas publicações nas Especificações e nas Normas do "Manual de Sinalização Rodoviária", do DNER, "Manual de Sinalização de Trânsito" do DENATRAN, manuais de sinalização do Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN e no "Manual de Sinalização de Obras e Emergências" do DNER-1996 e o Código Nacional de Trânsito.

A sinalização vertical, por sua vez, estabeleceu as dimensões das placas e suas respectivas localizações, tendo como objetivo definir onde existe a necessidade de dotar de dispositivos para a melhor condução, regulamentação e disciplinamento dos movimentos de tráfegos envolvidos, garantindo melhor fluidez, segurança e conforto, não só ao usuário da estrada como também para o usuário do sistema viário local, incluindo os pedestres e ciclistas.

A sinalização vertical contém:

- placas de advertência;
- placas de regulamentação;
- placas de indicação

As placas de regulamentação, advertência, indicação, serviço auxiliar e educativas deverão ser confeccionadas em chapas metálicas zincadas conforme as indicações constantes na NBR-11904.

As placas deverão ser revestidas com películas refletivas tipo I-A, NBR-14644, e letras, números, setas e tarjas com a película do mesmo tipo (I-A). Para as letras, números, setas e tarjas da cor preta, usar a película do tipo IV-B.

A sinalização horizontal deverá ser executada com pintura termoplástica por asperção com espessura de 1,5 mm.

Para padronização do projeto algumas informações serão utilizadas para as placas de regulamentação, advertência e indicação. A começar pelo padrão alfanumérico, para as palavras que possuam tanto maiúsculas quanto minúsculas será utilizado o tipo *Standard Alphabets for Highway Signs and Paviment Markings* serie E e para as palavras somente usando letras maiúsculas será usada a *Standard Alphabets for Highway Signs and Paviment Markings* serie D.

Quanto ao posicionamento das placas em relação a via, elas deveram estar posicionada do lado direito da via e fazendo um ângulo entre 93° a 95° em relação ao fluxo do tráfego, para as placas posicionadas sobre pórticos e semi-pórticos, devem estar inclinadas para cima em um ângulo de 3° a 5°, quando não for possível a utilização destes ângulos se utilizará o ângulo de 90°, ou seja, perpendicular a via.

A altura das placas será considerada a partir da borda inferior da placa, para as placas inseridas em suporte metálico e em via de área urbana a altura deverá ser igual ou maior a 2,10 m e com um afastamento da borda da pista de 0,30 m.

9.1.1.1 Sinalização vertical de regulamentação

A finalidade das placas de regulamentação é transmitir aos usuários as condições, proibições, obrigações ou restrições no uso da via, sendo o seu desrespeito cabível de multa, segundo o Código de Trânsito Brasileiro – CTB.

As características das placas de sinalização de regulamentação deve seguir a Tabela 10.

Tabela 10 – Forma, cor e tamanho.

Características	Tipologia das placas		
	Circular	R1 - Pare	R2 – Dê a preferência
Fundo	Branca	Vermelha	Branca
Símbolo	Preta	-	-
Tarja	Vermelha	-	-
Orla externa	Vermelha	Vermelha	Vermelha
Letras	Preta	Branca	-
Orla interna	-	Branca	-
Diâmetro	0,6 m	-	-
Tarja	0,075 m	-	0,15 m
Orla externa	0,075 m	0,014 m	-
Lado	-	0,33 m	0,80 m
Orla interna	-	0,028 m	-

Fonte: CONTRAN, 2007.

As características das placas de sinalização de advertência deve seguir a Tabela 11.

Tabela 11 – Forma, cor e tamanho.

Características	Tipologia da placa (m)
	Losango
Fundo	Amarelo
Símbolo	Preta

Características	Tipologia da placa (m)
	Losango
Orla externa	Amarela
Orla interna	Preta
Legenda	Preta
Lado	0,60
Orla externa	0,09
Orla interna	0,18

Fonte: CONTRAN, 2007.

9.1.2 Sinalização horizontal

O projeto de sinalização foi desenvolvido segundo as orientações e recomendações preconizadas pelas publicações editadas e aprovadas em 98, que complementam as Diretrizes para a Concepção de Estradas (DCE-C, DCE-S, DCE-I-1 e DCE-I-2), as quais objetivam estabelecer uma padronização de sinalização na rede rodoviária estadual. Tais publicações foram denominadas de Diretrizes para a Marcação de Estradas – Parte 1: Dimensionamento e Posicionamento Geométrico de Sinais de Marcação (DME-1) e Parte 2: Utilização e Geometria de Marcações de Pistas de Trânsito e foram utilizadas na elaboração deste projeto.

Serviram como base para a elaboração do projeto de sinalização, as características do trecho como Grupo de Categoria e velocidades determinantes do projeto, assim como as configurações geométricas definidas no projeto geométrico.

A sinalização horizontal definiu os dispositivos empregados e suas respectivas larguras e extensões de faixas, a sua localização e sua necessidade.

A sinalização horizontal é composta de:

- linhas de divisão de fluxos;
- formação de faixas de trânsito;
- linhas de borda;
- marcação de áreas de pavimento não utilizáveis;
- marcação de confluências e bifurcações;
- linhas de retenção;
- setas;
- tachão;
- dizeres na pista.

Nos casos onde não seja possível o acesso da máquina, a pintura deverá ser feita com pistola manual. O composto deverá estar perfeitamente misturado e diluído na proporção correta no momento da aplicação.

Os tachões são dispositivos delineadores constituídos de superfícies refletoras aplicadas a suportes de pequenas dimensões, principalmente quanto a altura e fixadas ao pavimento por meio de pinos. Os tachões serão empregados para a melhoria da visibilidade, onde se deseja imprimir maior resistência aos deslocamentos que impliquem na sua transposição, proporcionando um relativo desconforto ao fazê-lo e auxiliando na percepção das variações geométricas da pista como exemplo curvas, bifurcações, entrocamentos, variação de altura e no número de faixas de tráfegos.

Nas vias serão implantados com um intervalo de 2,00 m, com um afastamento de 1,50 m da linha de bordo, seguindo a seguinte forma, no mesmo sentido da via a unidade retro refletivas na cor branca e no sentido oposto a unidade retro refletivas na cor vermelha.

10. MEMORIAL DESCRITIVO

O presente memorial tem por objetivo, identificar e descrever os serviços a serem desenvolvidos na pavimentação com concreto betuminoso usinado a quente, terraplenagem e sinalização viária na **Rodovia Demétrio José da Rocha (lote 2)**, no município de Maracajá/SC.

10.1 TERRAPLENAGEM

Operação destinada a conformar o leito estradal, transversal e longitudinalmente, obedecendo às larguras e cotas constantes das notas de serviço de regularização de terraplenagem do projeto, compreendendo cortes ou aterros.

Não deverá ser permitida a execução dos serviços de terraplenagem em dias de chuva.

É responsabilidade da executante a proteção dos serviços e materiais contra a ação destrutiva das águas pluviais, do tráfego e de outros agentes que possam danificá-los.

Toda a vegetação e material orgânico porventura existentes no leito da rodovia deverá ser removidos.

A terraplenagem deverá ser executada obedecendo às cotas constantes do projeto.

Após a execução de cortes, aterros e adição do material necessário para atingir o greide de projeto, deve-se proceder à escarificação geral na profundidade de 20 cm, seguida de pulverização, umedecimento ou secagem, compactação e acabamento.

Os serviços de topografia, mobilização e desmobilização dos equipamentos para execução da obra, serão de responsabilidade da Executante.

O material escavado foi classificado como de 1ª categoria.

Estes serviços deverão ser realizados de acordo com as precrições da norma 137/2010 – ES do DNIT.

10.1.1 Corte

O material deverá ser escavado de acordo com o projeto de terraplenagem (Volume 2), observando a seção longitudinal e transversal. O material escavado

deverá ser transportado para um bota-fora, ficando de responsabilidade do poder público municipal a indicação deste local.

As especificações de serviço do DNIT estabelecem que nos cortes onde apresentarem expansão superior a 2%, há a necessidade de rebaixo de corte numa espessura de 60 cm, e a posterior substituição por solos de melhor qualidade. Solos de elevada expansão ocasionam deformações permanentes na estrutura do pavimento, que reduzem a qualidade do rolamento, além de apresentam comportamento muito resiliente, o que leva a deflexões elevadas e a um processo de ruína precoce da estrutura de pavimento.

Nos segmentos em corte, deverão ser adotadas as seguintes medidas:

- Nos segmentos com expansão superior a 2%:
 - Executar rebaixo nas áreas a serem pavimentadas, com espessura de 60 cm;
 - Reposição de rebaixo com solo proveniente de empréstimo, compactado a 100 % do proctor normal.

Durante a construção, a fiscalização e a supervisão deverão verificar *in loco* a extensão total dos segmentos a serem rebaixados, que poderão ser maiores ou menores do que o previsto em projeto, assim como a existência de segmentos com necessidade de rebaixo que não foram contemplados pelo projeto de terraplenagem.

10.1.2 Aterro

Para verificação da necessidade de locais que necessitarão de aterro, deverá ser analisado o projeto de terraplenagem (Volume 2), observando a seção longitudinal e transversal. O material necessário para a contenção do meio-fio será de 1ª categoria, proveniente de empréstimo e para o aterro da pista será utilizado material pétreo.

No caso de utilização de material de empréstimo de jazidas comerciais próximas do trecho. Os materiais das jazidas deverão apresentar uma expansão, medida no ensaio C.B.R, menor ou igual a 2% e um C.B.R. $\geq 2\%$.

Portanto, para a execução dos aterros deverá ser adotada a seguinte sequência executiva:

- Execução de corpo-de-aterro, compactado a 100% do proctor normal;

- Execução de camada final de terraplenagem, compactada a 100% do proctor normal, com espessura de 60 cm. Esta camada deverá ser executada com os melhores solos disponíveis, sendo vedado o uso de solos com expansão superior a 2% e C.B.R inferior a 2%.

10.1.3 Solos inservíveis

Efetuar a remoção de solo inservível quando necessário e aprovado pela fiscalização. A escavação deverá ser realizada até que se atinja a camada de suporte adequada. Por ocasião da remoção dos solos inservíveis deverá ser verificada *in loco* a real abrangência deste material, cuja extensão poderá ser maior ou menor em relação à prevista, cabendo a fiscalização a sua determinação. O solo inservível deverá ser removido e substituído por material pétreo.

10.1.4 Bota-fora

Indica-se para a deposição do material de bota-fora e da camada superficial orgânica removida nas operações de limpeza do terreno, ficando de responsabilidade do poder público municipal a indicação do local.

10.2 PAVIMENTAÇÃO

10.2.1 Regularização do subleito

Após a execução da terraplenagem, todo o subleito deverá ser regularizado e nivelado de acordo com projeto geométrico (Volume 2), tanto no sentido longitudinal quanto no transversal e compactado, até atingir 100% do Proctor Normal.

Conforme a Norma do DNIT 137/2010-ES deverá ser escarificado uma camada mínima 20 cm de espessura. Após o término da regularização o mesmo deverá ser compactado.

10.2.2 Reforço do Sub-leito e Sub-base em Macadame Seco

Após a conclusão da regularização do subleito, inicia-se a execução da camada de reforço do sub-leito (camada inibidora de expansão) com areia.

A execução do reforço do subleito compreende as operações de mistura e pulverização, umedecimento ou secagem dos materiais na pista, seguidas de espalhamento, compactação e acabamento, realizadas na pista devidamente

preparada, na largura desejada e nas quantidades que permitam, após a compactação, atingir a espessura projetada.

O reforço do sub-leito (camada inibidora de expansão) será executado com uma camada de 20 cm de espessura, com areia, que servirá de camada com índice de suporte adequado ao dimensionamento do pavimento.

A sub-base será executada com uma camada de 20 cm de espessura, compactada 100% do Proctor Normal, em Macadame Hidráulico, que servirá de camada com índice de suporte adequado ao dimensionamento do pavimento.

A execução da sub-base compreenderá as operações de espalhamento, compactação e acabamento, realizadas na pista devidamente preparada, na largura especificada em projeto, nas quantidades que permitam, após a compactação, atingir a espessura projetada (20 cm).

A liberação da pista será feita após a aprovação da topografia e da análise dos ensaios feitos pela Fiscalização.

O serviço de execução da sub-base deve atender as prescrições da norma DNIT 141/2010 – ES.

10.2.3 Base de Brita Graduada Simples

Sobre a camada de sub-base compactada, será executada uma camada de base com de 15 cm de espessura, compactada 100% do Proctor Normal, em Brita Graduada Simples, que servirá de camada com índice de suporte adequado ao dimensionamento do pavimento.

A execução da base compreenderá as operações de espalhamento, compactação e acabamento, realizadas na pista devidamente preparada, na largura especificada em projeto, nas quantidades que permitam, após a compactação, atingir a espessura projetada (15 cm).

A liberação da pista será feita após a aprovação da topografia e da análise dos ensaios feitos pela Fiscalização.

O serviço de execução da sub-base deve atender as prescrições da norma DNIT 141/2010 – ES.

10.2.4 Imprimação

A imprimação será executada com EMULSÃO ASFÁLTICA PARA SERVIÇO DE IMPRIMAÇÃO - EAI, em conformidade com a Norma DNIT 165/2013 –

EM, aplicado a uma taxa de 0,0013 t/m². Dependendo da textura da base deverá ser aplicado com caminhão espargidor com barra de distribuição acionada a uma pressão constante por motor. A imprimação só será executada após liberação da base pelo laboratório, topografia e devidamente varrida por processo mecânico com vassoura mecânica. Estes serviços são regulados pela Norma DNIT 144/2014-ES.

10.2.5 Pintura de ligação

Consiste na aplicação de ligante asfáltico sobre superfície de base ou revestimento asfáltico anteriormente à execução de uma camada asfáltica qualquer, objetivando promover condições de aderência entre esta e o revestimento a ser executado. Será utilizada a EMULSÃO ASFÁLTICA RR-1C. Antes de receber a pintura de ligação, a base imprimada deverá ser varrida mecanicamente. A taxa de aplicação deverá ser de 0,00045 t/m². Estes serviços são regulados pela Norma DNIT 145/2012 – ES.

10.2.6 Revestimento Asfáltico

É uma mistura asfáltica usinada a quente composta por agregados minerais graduados (brita, areia e filler) e materiais asfáltico (cimento asfáltico CAP 50/70). Será obtido em Usina Gravimétrica ou do tipo Drumm – Mixer e tem por finalidade dar conforto, segurança aos motoristas e proteger a base contra ação das intempéries.

Os agregados e asfalto serão misturados em usina gravimétrica ou Drumm-Mixer, cujas instalações não poderão distar há mais de 180 km. A densidade para efeito de orçamento foi considerada as médias das densidades obtidas nas usinas da região cujo valor verificado foi de 2,50 t/m³.

Para que a mistura seja colocada na pista à temperatura especificada, cada carregamento deve ser coberto com lona ou outro material aceitável, com tamanho suficiente para proteger a mistura. Recomenda-se que a distância de transporte não ultrapasse 30 km.

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 2,5 kgf/cm² a 8,4 kgf/cm² (35 psi a 120 psi).

Antes de iniciar a construção da camada de concreto asfáltico, a superfície subjacente deve estar limpa e pintada ou imprimada. 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.

Não poderá ser executado o revestimento asfáltico em dias chuvosos, ou com temperatura abaixo de 10°C. Também não é permitido o lançamento de massa asfáltica com temperatura inferior a 140°C.

A CONTRATADA deverá apresentar o projeto da mistura asfáltica e especificar a metodologia e normas técnicas adotadas na elaboração da mesma. (DNER-ES 385/99).

O pagamento deverá ser precedido de sondagens com sonda rotativa a cada 100 m em que o grau de compactação não deverá ser inferior a 98% da densidade de projeto e espessuras de acordo com o especificado em projeto.

O revestimento asfáltico deverá ser executado com espessura final de 0,05 m na pista de rolamento.

A contratada deverá apresentar Laudo Técnico de Controle Tecnológico e dos resultados dos ensaios realizados em cada etapa dos serviços, conforme normativa do DNIT.

10.3 SINALIZAÇÃO VERTICAL

Verificou-se que no trecho do projeto (estaca 0+0,00 à 18+0,00), não haverá a necessidade de implantação de sinalização vertical.

10.4 SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

Sinalização rodoviária horizontal é o conjunto de marcas, símbolos e legendas aplicados sobre o revestimento da pista de uma rodovia, de acordo com um

projeto desenvolvido para propiciar condições de segurança e de conforto ao usuário da rodovia.

Materiais utilizados:

- Tintas: Tinta a base de resina acrílica para sinalização horizontal de rodovias e vias urbanas. A tinta deverá atender as especificações da NBR 11.862.
- Microesferas de Vidro Retro-refletivas: as microesferas retro-refletivas a serem utilizadas poderá sr de dois tipos: Tipo IB (Premix) ou Tipo IIB (Dropon).

A pintura das faixas horizontais sobre o pavimento será feita com tinta acrílica especial para demarcação viária e de acordo com as especificações da norma DNIT 100/2018 – ES e NBR's.

10.5 SINALIZAÇÃO DE OBRA

A sinalização de obra visa a segurança do usuário e do colaboradores da executora, sendo constituída por sinalização horizontal, vertical, bem como dispositivos de sinalização e segurança que serão constituídas por placas, tapumes, cones de borracha ou plásticos, dispositivos de luz intermitente e bandeiras.

Os custos relacionados a sinalização da obra serão de responsabilidade da Contratada.

10.6 LIMPEZA E ENTREGA DA OBRA

Ao término dos serviços, será feita a limpeza total da obra devendo ser removido todo o entulho ou detritos ainda existentes e entregue em perfeitas condições de funcionamento.

ANEXO 1

Planilha Orçamentária, Cronograma físico-financeiro, Pesquisas de Mercado,
Composições de Custos e BDI

ANEXO 2

Estudo Geotécnico

ANEXO 3

Anotação de Responsabilidade Técnica

