

**ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO MARCOS**

**PROJETO FINAL DE ENGENHARIA
IMPLANTAÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA**

RODOVIA MUNICIPAL ESTRADA 500

TRECHO: MUNICÍPIO DE SÃO MARCOS - COMUNIDADE SANTO
ANTÔNIO DOS POLIDOROS

SUBTRECHO IV:

KMI: 5+860,00

KMF: 7+710,65

EXTENSÃO: 1,85 KM

ACESSO AOS **ARQUIVOS DIGITAIS**

Todos os documentos e anexos que integram este volume de projeto, **estão disponíveis para acesso online**, em formato pdf.

Para acessá-los, basta efetuar a leitura do qr code ou digitar o link na barra de pesquisa do seu navegador.



SUMÁRIO

1.	APRESENTAÇÃO.....	6
1.1	DADOS BÁSICOS DO CONTRATO	7
1.2	EQUIPE TÉCNICA DE PROJETO	8
2.	PROJETOS.....	10
2.1	PROJETO GEOMÉTRICO.....	11
2.1.1	PROJETO PLANIMÉTRICO	12
2.1.2	PROJETO ALTIMÉTRICO	13
2.1.3	CONSIDERAÇÕES ADICIONAIS.....	14
2.2	PROJETO DE TERRAPLENAGEM	15
2.2.1	GREIDE.....	16
2.2.2	SEÇÃO TRANSVERSAL	16
2.2.3	CÁLCULO DE VOLUME E DISTRIBUIÇÃO DE TERRAPLENAGEM	17
2.3	PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO.....	18
2.3.1	PARÂMETROS DE TRÁFEGO (NÚMERO N).....	19
2.3.2	ISC DE PROJETO DE SUBLEITO (ISC_{PROJ}).....	19
2.3.3	COEFICIENTES DE EQUIVALÊNCIA ESTRUTURAL.....	20
2.3.4	PAVIMENTO INDICADO	23
2.4	PROJETO DE DRENAGEM E OBRAS DE ARTES CORRENTES	24
2.4.1	DIMENSIONAMENTO HIDROLÓGICO.....	25
2.4.2	DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE PROJETO	25
2.4.2.1	COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL.....	26
2.4.2.2	INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO	27
2.4.2.3	ÁREAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS, COMPRIMENTO E DECLIVIDADE DOS TALVEGUES.....	29
2.4.2.4	CÁLCULO DA VAZÃO DE PROJETO.....	29
2.4.3	DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO	31
2.4.3.1	TEMPO DE RECORRÊNCIA.....	31
2.4.3.2	OBRAS DE ARTES CORRENTES (OAC)	31
2.4.3.3	DIMENSIONAMENTO - BUEIRO TUBULAR DE CONCRETO E SARJETAS	32

2.4.3.4 VELOCIDADE DE ESCOAMENTO.....	33
2.5 PROJETO DE SINALIZAÇÃO.....	37
2.5.1 SINALIZAÇÃO VERTICAL.....	38
2.5.1.1 PLACAS DE REGULAMENTAÇÃO.....	39
2.5.1.2 PLACAS DE ADVERTÊNCIA.....	39
2.5.1.3 PLACAS INDICATIVAS.....	39
2.5.1.4 CHAPAS.....	40
2.5.1.5 REFLETIVIDADE.....	40
2.5.1.6 PELÍCULA REFLETIVA.....	40
2.5.1.7 SUPORTES PARA PLACAS.....	40
2.5.1.8 AFASTAMENTO LATERAL DAS PLACAS.....	41
2.5.2 SINALIZAÇÃO HORIZONTAL.....	41
2.5.2.1 COR BRANCA.....	41
2.5.2.2 COR AMARELA.....	42
2.5.2.3 MATERIAIS.....	42
2.5.2.4 TACHAS REFLETIVAS.....	42
2.5.2.5 TACHÕES REFLETIVOS.....	43
2.5.3 SINALIZAÇÃO DE OBRA.....	43
2.6 PROJETO DE OBRAS COMPLEMENTARES.....	44
2.6.1 ENLEIVAMENTO HIDROSSEMEADURA.....	45
2.6.2 COMPENSAÇÃO AMBIENTAL.....	45
2.7 DESAPROPRIAÇÕES.....	46
3 DOCUMENTOS PARA EXECUÇÃO DAS OBRAS.....	48
3.1 ANEXO PLANO DE EXECUÇÃO.....	49
3.2 ANEXO PLANO DE MANUTENÇÃO DE DRENAGEM.....	67
3.3 ANEXO PLANILHA ORÇAMENTÁRIA.....	73
3.4 ANEXO COMPOSIÇÃO MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO.....	78
3.5 ANEXO COMPOSIÇÃO ADMINISTRAÇÃO LOCAL.....	80
3.6 ANEXO COTAÇÃO DE PREÇOS REGIONAIS.....	82
3.7 ANEXO BDI.....	88
3.8 ANEXO MEMORIAL DE CÁLCULO.....	90

3.9	ANEXO CUSTO MATERIAL E MÃO DE OBRA.....	95
3.10	ANEXO ENCARGOS SOCIAIS.....	100
3.11	ANEXO CRONOGRAMA.....	104
3.12	ANEXO ANOTAÇÕES DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA.....	106
4	ANEXO ESTUDOS DE ESTABILIDADE DE TALUDES.....	114
5	TERMO DE ENCERRAMENTO	147

1. APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO

Este documento, denominado como **Projeto Executivo de Engenharia para Implantação de Pavimentação Asfáltica da Estrada 500 – Volume II – Projeto, Subtecho IV – Kmi: 5+860,00 / Kmf: 7+710,65**, refere-se portanto a entrega da **Etapa B – Fase 4 – Projeto Final de Engenharia**, conforme o Termo de Referência contratual.

Sua elaboração foi desenvolvida obedecendo às Normas vigentes e Instruções de Serviço do Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem (DAER/RS).

1.1 DADOS BÁSICOS DO CONTRATO

O projeto de engenharia para implantação de pavimentação asfáltica foi desenvolvido pela empresa Serafini Engenharia de Infraestrutura Ltda., como compromisso firmado em contrato com a Prefeitura Municipal de São Marcos, cujos dados básicos são:

Número do contrato: 059/2023

Data de assinatura: 20/04/2023

O desenvolvimento do referido projeto possui as seguintes etapas e fases definidas:

A Etapa A (Estudos):

Fase 1 – Minuta de Estudos

Fase 2 – Revisão dos Estudos

Etapas B (Projeto):

Fase 3 – Minuta do Projeto Final de Engenharia

Fase 4 – Projeto Final de Engenharia

A entrega da Fase 4 – Projeto Final de Engenharia é composta dos seguintes volumes:

Volume I - Relatório do Projeto

Volume II – Projeto Executivo

1.2 EQUIPE TÉCNICA DE PROJETO

RESPONSÁVEL TÉCNICO PRINCIPAL |

COORDENADOR DE PROJETO

Eng.^a Civil Cibele Serafini da Silva – CREA RS 183.912

CO-RESPONSÁVEL TÉCNICO | COORDENADOR DE PROJETO

Eng.^o Civil Matheus Augusto de Brito – CREA RS 227.173

PROJETO GEOMÉTRICO | PROJETO DE DRENAGEM

Eng.^o Civil Lauson Serafini - CREA RS 123.268-D

PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO | PROJETO DE SINALIZAÇÃO

Eng.^o Civil Adriano Marcelo Porth Júnior - CREA RS 246.273

PROJETO DE TERRAPLENAGEM

Eng.^o Civil Marco Antônio Pedrotti - CREA RS 259.488

ESTUDOS GEOTÉCNICOS DE ESTABILIDADE DE TALUDES

Eng.º Civil Dr. Francisco Dalla Rosa - CREA RS 127.981

ESTUDOS TOPOGRÁFICOS | ESTUDOS DE TRÁFEGO

Eng.º Civil Giuseppe Pimentel Ferrari - CREA RS 160.761

COORDENADOR AMBIENTAL

Eng.º Ambiental Heberton Junior dos Santos - CREA RS 175.331

COORDENAÇÃO AMBIENTAL | CO-RESPONSÁVEL

Eng.º Ambiental Leandro Cirino – CREA RS 184.475

ESTUDOS AMBIENTAIS

Biólogo Eduardo Pasini - CRBIO 069480/03-D

Bióloga Sabrina Lorandi - CRBIO 129.614/03-D

ESTUDOS GEOLÓGICOS

Geólogo Andreas Emilio Grings - CREA RS 216.231

2. PROJETOS

2.1 PROJETO GEOMÉTRICO

PROJETO GEOMÉTRICO

O projeto geométrico foi desenvolvido com referência às Normas do DAER/1991 e Normas de Projeto Geométrico DAER/1994 (Aditivo 1), e também nos elementos básicos fornecidos pelos estudos de tráfego, topográficos, geotécnicos e hidrológicos.

2.1.1 PROJETO PLANIMÉTRICO

Na elaboração do Projeto Geométrico quanto à planimetria, buscamos manter o traçado o mais próximo do leito existente, buscando evitar desapropriações, porém com o objetivo de melhorar as condições planimétricas do trecho, em alguns segmentos a linha projetada foi deslocada em relação a existente, ainda dentro da Faixa de Domínio da Rodovia visando atender em toda sua extensão às condições mínimas exigidas pelas normas do DAER no tocante à raios, transições e intertangentes conforme apresentado no projeto anexo.

A Rodovia Municipal Estrada 500 está localizada em uma região de escarpa, com declives acentuados e com densidade de vegetação considerável. Devido ao desnível abrupto característico de regiões de escarpas, buscou-se quando identificada a necessidade do alargamento da plataforma de terraplenagem existente, o deslocamento do eixo de projeto para o lado esquerdo da rodovia afim de evitar a implantação de obras de arte (viadutos e/ou tuneis), possibilitando melhores condições de rodagem, visibilidade e, principalmente segurança para os usuários da via.

2.1.2 PROJETO ALTIMÉTRICO

O Projeto Geométrico quanto à altimetria foi desenvolvido de modo que o greide de terraplenagem respeite as condições estabelecidas para uma rodovia Classe C, em região montanhosa, com velocidade diretriz de 30 km/h.

As condições do greide são boas, sendo empregada como curva de concordância parábolas de segundo grau. Essas parábolas foram definidas pelo parâmetro de curvatura “K” com a situação desejável para $V = 30,0$ km/h.

Foram projetadas correções no greide existente visando eliminar segmentos irregulares, buscando ao máximo compatibilizar a plataforma de terraplenagem projetada com a existente.

No projeto do greide, o fator considerado para a escolha das cotas além da rampa máxima (%) foi buscar a compensação entre o volume do corte e de aterro, a distância de visibilidade necessária nos locais de interseções e condições de drenagem.

Os parâmetros mínimos de rampa definidos por norma estão sendo respeitados em todo o trecho projetado.

2.2 PROJETO DE TERRAPLENAGEM

PROJETO DE TERRAPLENAGEM

O projeto de terraplenagem foi desenvolvido com o objetivo de adequar a distribuição dos volumes de materiais destinados à conformação da plataforma da rodovia, conforme as seções transversais gabaritadas e definidas no projeto geométrico, tendo como referência as informações dos estudos geotécnicos.

2.2.1 GREIDE

O perfil longitudinal representado graficamente no projeto geométrico buscou sempre que possível efetuar o menor movimento de terra, realizando a correção das irregularidades existentes no terreno natural.

2.2.2 SEÇÃO TRANSVERSAL

A seção transversal tipo da rodovia apresenta uma semiplataforma de terraplenagem com largura de 4,50 m para os aterros, e 5,00 m para os cortes, com inclinação transversal de -2,00% nas tangentes, e superelevação máxima de 6,00% nas curvas. Foram aplicadas superlargura e superelevação nos segmentos em curvas conforme os parâmetros da classe da rodovia e suas respectivas velocidades diretriz.

As inclinações dos taludes adotadas para o projeto de terraplenagem estão apresentadas no volume de projeto, e foram definidas a partir do Estudo de Análises de Estabilidade de Taludes apresentado no Memorial Técnico anexo a este relatório.

2.2.3 CÁLCULO DE VOLUME E DISTRIBUIÇÃO DE TERRAPLENAGEM

O cálculo de volume de terraplenagem, foi efetuado com base nas áreas de corte/aterro de cada estaca individualmente, posteriormente foi efetuado o cálculo dos volumes geométricos através da modelagem efetuada no software Civil 3D.

A distribuição dos volumes de corte/aterro ao longo do trecho foi efetuada a fim de diminuir as DMT's de transporte e otimizar a execução dos serviços.

2.3 PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

Para o dimensionamento das estruturas do pavimento adotou-se o Método de Projeto de Pavimento Flexível do DNER, de autoria do Eng.º Murillo Lopes de Souza. Trata-se de uma metodologia estabelecida pelo autor a partir de experiências do “Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos”, com o acréscimo de importantes conclusões decorrentes da Pista Experimental da AASHTO. Pelo procedimento referido, utilizado de forma quase unânime pelos órgãos rodoviários estaduais brasileiros, entre os quais encontra-se o DAER/RS, o dimensionamento do pavimento é função dos fatores abordados a seguir.

2.3.1 PARÂMETROS DE TRÁFEGO (NÚMERO N)

De acordo com as considerações expostas nos Estudos de Tráfego realizados o valor do número N atingirá, ao término do período de projeto de 10 (dez) anos após a conclusão da pavimentação do trecho:

$N = 4,17 \times 10^3$ aplicações de eixo padrão de 8,2 toneladas.

2.3.2 ISC DE PROJETO DE SUBLEITO (ISC_{proj})

O ISC mínimo de projeto do subleito, proveniente do estudo geológicos e geotécnicos, foi fixado em toda a extensão do trecho em:

$ISC_{proj} > 5\%$.

2.3.3 COEFICIENTES DE EQUIVALÊNCIA ESTRUTURAL

Os materiais selecionados para a estrutura do pavimento possuem coeficientes de equivalência estrutural, assim determina-se o coeficiente estrutural K para cada camada do pavimento, conforme Tabela 1, extraída do método de dimensionamento de pavimentos flexíveis publicado pelo DNER, de autoria de Souza (1981). Os coeficientes estruturais, denominados como KR, KB e KS, representando as camadas de revestimento, base e sub-base respectivamente, conforme Tabela 2.

Tabela 1 - Coeficiente de reforço estrutural K

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 a compressão a 7 dias superior a 45 kg/cm ²	1,70
Idem, com resistência a compressão a 7 dias entre 45 e 28 kg/cm ²	1,40
Idem, com resistência a compressão a 7 dias entre 28 e 21 kg/cm ²	1,20

Fonte: Souza (1981).

Tabela 2 - Coeficiente de reforço estrutural K por camada

Camada do pavimento	Coeficiente K
Revestimento	2,00
Base	1,00
Subbase	1,00

Fonte: Serafini Engenharia (2023).

Para a definição da espessura de revestimento, o DNER define espessuras mínimas de revestimento betuminoso para cada faixa de valores do número N, como apresentado na Tabela 3. Sendo assim, adotou-se a espessura de 4,0 cm para o revestimento asfáltico.

Tabela 3 – Espessura mínima dos revestimentos

N	Espessura mínima de revestimento betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

Fonte: Souza (1981).

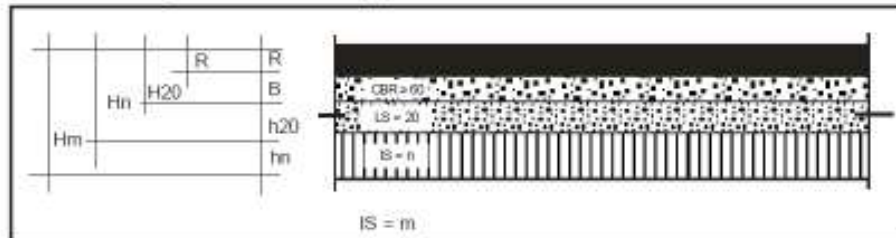
Então realiza-se a determinação da espessura total do pavimento (Ht) em centímetros a partir da Equação 1. de acordo com o DNIT (2006a), as espessuras mínimas e máximas para as camadas granulares são 10 e 20 cm, respectivamente, e a mínima espessura construtiva para as mesmas é 15 cm.

$$Ht = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR^{-0,598} \quad (1)$$

Com a espessura total do pavimento determinada, realiza-se o dimensionamento da espessura individual de cada camada. Para isso, foi utilizada a simbologia presente na Figura 1, onde Hm simboliza a espessura total do pavimento com CBR = m, Hn simboliza a espessura de camada do pavimento que possui CBR = n. De acordo com o DNIT (2006a), mesmo que o CBR da sub-base obtido seja superior a 20%, visando fatores de segurança e ajuste executivo, deve-se adotar o valor igual a 20%. Em função disso, são usadas as simbologias H20 e h20 para representar, respectivamente, as espessuras de pavimento acima da

sub-base e da própria sub-base. Já os valores de espessura das camadas de base e revestimento são retratados como B e R, respectivamente.

Figura 1 - Simbologia de dimensionamento DNER



Fonte: DNIT (2006a).

A partir daí aplicam-se as Inequações 2, 3 e 4, para a determinação das espessuras de cada uma das camadas do pavimento.

$$RKR+BKB \geq H20 \quad (2)$$

$$RKR+BKB+h20Ks \geq Hn \quad (3)$$

$$RKR+BKB+h20Ks+hnKref \geq Hm \quad (4)$$

Com a aplicação das inequações citadas obteve-se os valores apresentados na Tabela 4 para espessura de base e subbase.

Tabela 2 - Definição das espessuras do pavimento

Camada do pavimento	Coefficiente K	Espessura de cálculo	Espessura de adotada
Revestimento	2,00	-	4,00
Base	1,00	11,35	15,00
Subbase	1,00	21,34	25,00
H20	-	19,35	-
Ht = Hm	-	44,34	-

Fonte: Serafini Engenharia (2023).

A estrutura dimensionada com camada de revestimento asfáltico, base e subbase apresentou valor superior a espessura Hm, não sendo assim necessária a utilização de camada de reforço do subleito.

2.3.4 PAVIMENTO INDICADO

- Revestimento:
 - Concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ);
 - 4 cm de espessura;
 - Granulometria e determinações conforme material “Faixa A” das especificações técnicas do DAER.

- Base:
 - Base granular simples (BGS);
 - 15 cm de espessura;
 - Granulometria e determinações conforme material “Faixa A” das especificações técnicas do DAER.

- Subbase:
 - Macadame seco;
 - 25 cm de espessura;
 - Faixa granulométrica entre 2” e 4”.

- Subleito ISC > 5%.

A camada de revestimento do pavimento deverá ser executada na largura total da plataforma: 7,00 m de largura. Em tangente, as semiplataformas terão declividade transversal de 2%, enquanto nas curvas com superelevação os acostamentos acompanharão a declividade da pista.

2.4 PROJETO DE DRENAGEM E OBRAS DE ARTES CORRENTES

PROJETO DE DRENAGEM

Conforme mencionado no Relatório de Estudos Hidrológicos, onde discorreremos os conceitos necessários para a compreensão do dimensionamento hidrológico e do dimensionamento hidráulico dos dispositivos de drenagem, neste item apresentamos o memorial de cálculo da drenagem, bem como, a descrição acerca dos dispositivos adotados.

Os dispositivos de drenagem projetados seguem os padrões especificados no Álbum Dispositivos de Drenagem do DNIT.

2.4.1 DIMENSIONAMENTO HIDROLÓGICO

Através dos Estudos Hidrológicos é possível obter a caracterização dos aspectos regionais do ponto de vista hidroclimático e a avaliação das precipitações e intensidades máximas de chuva. Desta forma, são fornecidos subsídios para a definição de parâmetros que possibilitam a determinação da seção de vazão das obras de arte necessárias à transposição dos cursos d'água, assim como selecionar e dimensionar os elementos de drenagem, destinados a proteger o corpo estradal contra os efeitos prejudiciais das águas pluviais.

2.4.2 DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE PROJETO

O método mais utilizado para o cálculo da vazão a partir da transformação de chuva em vazão para análise em pequenas bacias hidrográficas é o método racional, devido à simplicidade de aplicação e facilidade do conhecimento e controle dos parâmetros necessários.

Admite-se, na sua aplicação, que a chuva apresente uma intensidade constante, uniformemente distribuída sobre a superfície da bacia, e que sua duração seja maior ou igual ao tempo de concentração na bacia. Como a intensidade de chuva decresce com o aumento da duração, a descarga máxima resulta de uma chuva com duração igual ao tempo de concentração da bacia.

O Método Racional relaciona a precipitação com o deflúvio, considerando as principais características da bacia, tais como área, permeabilidade, forma, declividade média, etc, sendo a vazão de dimensionamento calculada pela seguinte expressão:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{360}$$

Onde:

Q = vazão de projeto em m³/s

i = intensidade da precipitação em mm/h

A = área de drenagem superficial da bacia em ha

C = coeficiente de escoamento superficial (runoff), classificado em função do tipo de solo, da cobertura vegetal, da declividade média da bacia, etc

2.4.2.1 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERICIAL

O coeficiente de escoamento superficial, também denominado por deflúvio superficial ou coeficiente de “runoff”, é uma variável determinada em função de uma série de fatores, como o tipo do solo, ocupação da bacia, umidade antecedente, intensidade da chuva entre

outros. Assim, devido às diversas condições e combinações dos fatores citados, apenas parte do volume precipitado sobre a bacia atinge a seção sob a forma de escoamento superficial.

Adotou-se um coeficiente de escoamento superficial de 0,40 conforme valores indicados na tabela abaixo:

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

Tabela 01 – Coeficiente de Escoamento Superficial / Run-Off (IPR 715 – DNIT).

2.4.2.2 INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO

As equações de intensidade, duração e frequência ou simplesmente as equações IDF, também conhecidas como equação de chuva, são usadas para determinar a intensidade máxima de chuva de um determinado local.

Para cada região, os parâmetros K, a, b e c da equação de

intensidade, duração e frequência (Equação 1 - 2) são ajustados por meio de regressão linear e não linear. Estes parâmetros (K, a, b e c) são definidos por uma série histórica de dados de chuvas, de mais ou menos 30 anos. Além disso, alterando a frequência e o tempo de concentração é possível obter uma intensidade diferente de chuva para uma mesma região. Através da equação de chuva como segue:

$$i = \frac{aT^b}{(t + c)^d}$$

Onde:

i e a intensidade da chuva (mm/h)

T e o tempo de retorno (anos)

t é a duração da precipitação (minutos)

a, b, c, d são parâmetros da equação

No projeto elaborado, foram utilizados os dados de registros contínuos de precipitação da Estação Pluviométrica Nova Palmira, código 02951022 (ANA), localizada no Município de Caxias do Sul – RS. No caso de Nova Palmira, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$15 \text{ min} \leq t \leq 1\text{h}$$

$$a = 576,9; b = 0,1853; c = 24,6 \text{ e } d = 0,5941$$

$$i = \frac{576,9 T^{0,1853}}{(t + 24,6)^{0,5941}}$$

(Atlas Pluviométrico do Brasil - CPRM, 2020).

2.4.2.3 ÁREAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS, COMPRIMENTO E DECLIVIDADE DOS TALVEGUES

As áreas das bacias hidrográficas foram demarcadas, assim como os comprimentos e declividades dos talvegues principais foram medidos e identificados, através do Software Civil 3D e dos levantamentos topográficos planialtimétricos realizados ao longo da rodovia.

2.4.2.4 CÁLCULO DA VAZÃO DE PROJETO

O cálculo da vazão de projeto é apresentado na tabela a seguir:

DIMENSIONAMENTO HIDROLÓGICO - MÉTODO RACIONAL																
PARAMÊTROS DE CÁLCULO								VAZÃO DE PROJETO								
Bacia	A (ha)	L (m)	H (m)	i (%)	k	tc (min)	tc (h)	TR = 10 anos			TR = 20 anos			TR = 30 anos		
								Coef. de deflúvio	I (mm/h)	Q (m3/s)	Coef. de deflúvio	I (mm/h)	Q (m3/s)	Coef. de deflúvio	I (mm/h)	Q (m3/s)
17	10,6634	402,50	242	60,12	5	2,62	0,044	0,4	100	1,18	0,4	120	1,42	0,4	140	1,66
18	33,6128	885,21	318	35,92	5	5,32	0,089	0,4	100	3,73	0,4	120	4,48	0,4	140	5,23
19	11,0605	483,98	243	50,21	5	2,96	0,049	0,4	100	1,23	0,4	120	1,47	0,4	140	1,72
20	11,4709	536,08	252	47,01	5	3,13	0,052	0,4	100	1,27	0,4	120	1,53	0,4	140	1,78
21	4,3249	327,68	91	27,77	5	2,62	0,044	0,4	100	0,48	0,4	120	0,58	0,4	140	0,67

Tabela 02 – Dimensionamento Hidrológico – Método Racional.

2.4.3 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

O dimensionamento da drenagem tem como objetivo definir os dispositivos de coleta, condução e deságue das águas superficiais que precipitam sobre o terreno, bem como sobre os taludes e áreas que convergem ao mesmo.

2.4.3.1 TEMPO DE RECORRÊNCIA

Para o dimensionamento hidráulico foram utilizados os seguintes tempos de recorrência:

- Drenagem superficial: 10 anos;
- Bueiros tubulares – como canal: 30 anos.

2.4.3.2 OBRAS DE ARTES CORRENTES (OAC)

O objetivo da drenagem de transposição de talvegues é desviar as águas pertencentes a uma bacia hidrográfica que, por imperativos hidrológicos e do modelado do terreno, têm que ser atravessadas sem comprometer a estrutura da estrada.

Talvegue, portanto, é o caminho mais ou menos sinuoso, no fundo do vale, por onde as águas da chuva e/ou nascentes passam; canal mais profundo do leito de um curso d'água.

2.4.3.3 DIMENSIONAMENTO - BUEIRO TUBULAR DE CONCRETO E SARJETAS

O bueiro de greide tem como função captar as águas coletadas por dispositivos de drenagem superficial como sarjetas e valetas de forma que permita a transposição de um lado para outro da via e/ou de um lado para outro de um acesso à via (bueiro de acesso). Também são locados nos locais onde o traçado da rodovia intercepta o fluxo d'água, preferencialmente no fundo do talvegue para transpor a água de um lado à outro da rodovia.

A drenagem superficial de uma rodovia tem como objetivo captar as águas provenientes de áreas adjacentes as que precipitam sobre o corpo estradal, conduzindo-as à um deságue seguro.

Através dos dados de vazão obtidos das bacias hidrográficas no dimensionamento hidrológico, é possível distribuir a vazão realizando o encaminhamento das águas para os dispositivos projetados ao longo do traçado, realizando para isso as verificações de cálculos para determinar as soluções de projeto adequadas para atender a vazão requerida em cada ponto.

Como critério de dimensionamento, a capacidade máxima do dispositivo deve ser superior à vazão que se deseja transportar.

Assim, utilizamos a Equação da Continuidade:

$$Q = v \times S$$

Em que:

Q: Vazão (m³/s);

v: Velocidade de escoamento (m/s);

S: Área da seção (m²).

2.4.3.4 VELOCIDADE DE ESCOAMENTO

A velocidade do escoamento é um parâmetro fundamental na definição dos dispositivos a serem projetados ou verificados hidraulicamente. Se, em função da declividade do conduto e de suas dimensões, o fluxo apresentar velocidades baixas, poderá ocorrer assoreamento ao longo de sua extensão. Porém, se a declividade for acentuada e a velocidade ultrapassar o limite máximo recomendado é necessário à adequação da declividade ou o redimensionamento do conduto, de forma a evitar a ocorrência de fenômenos erosivos no interior do dispositivo, mantendo seu tempo de vida útil.

Assim, os limites de velocidade d'água no interior dos dispositivos são os seguintes:

$$V_{min.} = 0,75 \text{ (m/s);}$$

$$V_{máx.} = 5,00 \text{ (m/s).}$$

Realizamos o cálculo por meio da Equação da Velocidade:

$$v = \frac{R_h^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{I}}{n}$$

Onde:

v: Velocidade (m/s);

I: Declividade do conduto (m/m);

Rh: Raio hidráulico (m);

n: Coeficiente de rugosidade (adimensional).

O coeficiente de rugosidade é adotado conforme o material empregado no dispositivo, no presente projeto $n = 0,017$ (concreto).

O raio hidráulico (R_h) é obtido por meio da seguinte equação:

$$R_h = \frac{A_m}{P_m}$$

Em que:

A_m – Área da seção molhada (m^2);

P_m – Perímetro molhado (m).

Desta forma, utilizando as três equações apresentadas acima de forma conjunta, foi realizado o dimensionamento hidráulico dos bueiros e das sarjetas ao longo do trecho projetado. As planilhas de cálculos estão apresentadas a seguir:

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO									
Bacia	Q20 (m3/s)	Q30 (m3/s)	OBRA PROJETADA					Vazão Total Q(m3/s)	Velocidade (m/s)
17	1,42	1,66	TIPO	Ø (m)	Declividade (%)	Prof. Hidr. (m)	Q (m3/s)		
DRE 01	-	0,48	BSTC	0,80	1	0,56	0,83	0,48	1,30
DRE 02	-	0,85	BSTC	0,80	1	0,56	0,83	0,85	2,29
DRE 03	-	0,33	BSTC	0,60	1	0,42	0,39	0,33	1,58
Bacia	Q20 (m3/s)	Q30 (m3/s)	OBRA PROJETADA					Vazão Total Q(m3/s)	Velocidade (m/s)
18	4,48	5,23	TIPO	Ø (m)	Declividade (%)	Prof. Hidr. (m)	Q (m3/s)		
DRE 04	-	0,52	BSTC	0,80	1	0,56	0,83	0,52	1,41
DRE 05	-	5,28	BTTC	1,20	1	0,84	7,44	5,28	2,09
Bacia	Q20 (m3/s)	Q30 (m3/s)	OBRA PROJETADA					Vazão Total Q(m3/s)	Velocidade (m/s)
19	1,47	1,72	TIPO	Ø (m)	Declividade (%)	Prof. Hidr. (m)	Q (m3/s)		
DRE 06	-	0,64	BSTC	0,80	1	0,56	0,83	0,64	1,72
DRE 07	-	0,55	BSTC	0,80	1	0,56	0,83	0,55	1,49
DRE 08	-	0,53	BSTC	0,80	1	0,56	0,83	0,53	1,44
Bacia	Q20 (m3/s)	Q30 (m3/s)	OBRA PROJETADA					Vazão Total Q(m3/s)	Velocidade (m/s)
20	1,53	1,78	TIPO	Ø (m)	Declividade (%)	Prof. Hidr. (m)	Q (m3/s)		
DRE 09	-	1,07	BSTC	1,00	1	0,70	1,52	1,07	1,85
DRE 10	-	0,48	BSTC	0,80	1	0,56	0,83	0,48	1,30
DRE 11	-	0,23	BSTC	0,60	1	0,42	0,39	0,23	1,10
Bacia	Q20 (m3/s)	Q30 (m3/s)	OBRA PROJETADA					Vazão Total Q(m3/s)	Velocidade (m/s)
21	0,58	0,67	TIPO	Ø (m)	Declividade (%)	Prof. Hidr. (m)	Q (m3/s)		
DRE 12	-	0,23	BSTC	0,60	1	0,42	0,39	0,23	1,09
DRE 13	-	0,39	BSTC	0,60	1	0,42	0,39	0,39	1,86

Tabela 03 – Dimensionamento Hidráulico – Bueiro Tubular de Concreto.

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO - SARJETAS												
Segmento		A (ha)		TR = 10 anos	Coef. de deflúvio		Q (m3/s)			OBRA PROJETADA		
km i	km f	Pista	Talude	I (mm/h)	CBUQ	Solo compacto	Pista	Talude	Total	TIPO	Q (m3/s)	Veloc. (m/s)
5+860	6+020	0,056	0,19	100	0,9	0,35	0,01	0,02	0,03	STC 73-15	0,04	0,91
6+020	6+200	0,063	0,22	100	0,9	0,35	0,02	0,02	0,04	STC 73-15	0,04	0,91
6+200	6+340	0,049	0,17	100	0,9	0,35	0,01	0,02	0,03	STC 73-15	0,04	0,91
6+340	6+440	0,035	0,12	100	0,9	0,35	0,01	0,01	0,02	STC 73-15	0,04	0,91
6+440	6+630	0,067	0,23	100	0,9	0,35	0,02	0,02	0,04	STC 73-15	0,04	0,91
6+630	6+830	0,070	0,50	100	0,9	0,35	0,02	0,05	0,07	STC 80-17	0,06	1,14
6+830	6+960	0,046	0,26	100	0,9	0,35	0,01	0,025	0,04	STC 73-15	0,04	0,91
6+960	7+050	0,032	0,14	100	0,9	0,35	0,01	0,01	0,02	STC 73-15	0,04	0,91
7+050	7+220	0,060	0,20	100	0,9	0,35	0,01	0,020	0,03	STC 73-15	0,04	0,91
7+220	7+300	0,028	0,10	100	0,9	0,35	0,01	0,009	0,02	STC 73-15	0,04	0,91
7+300	7+410	0,039	0,13	100	0,9	0,35	0,01	0,013	0,02	STC 73-15	0,04	0,91
7+410	7+490	0,028	0,10	100	0,9	0,35	0,01	0,009	0,02	STC 73-15	0,04	0,91
7+490	7+711	0,077	0,27	100	0,9	0,35	0,02	0,026	0,05	STC 73-15	0,04	0,91

Tabela 04 – Dimensionamento Hidráulico – Sarjetas.

2.5 PROJETO DE SINALIZAÇÃO

PROJETO DE SINALIZAÇÃO

O projeto de Sinalização foi elaborado tomando como base os Manuais de Sinalização Horizontal e Vertical do Conselho Nacional de Trânsito Brasileiro (CONTRAN) e o Manual de Instruções de Sinalização Rodoviária do Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem (DAER/RS).

Para execução deste projeto, consideramos o levantamento topográfico, projeto geométrico e inspeções locais. A sinalização é representada sobre o traçado da estrada em planta conforme projeto apresentado.

Nas pranchas de projeto se encontram a sinalização vertical e horizontal do trecho e a sinalização vertical regulamentativa nos acessos como adendo, além das respectivas Notas de Serviço.

2.5.1 SINALIZAÇÃO VERTICAL

A sinalização vertical tem por fundamento os sinais de regulamentação, advertência, indicação, serviços auxiliares e educativos que são implantados na lateral da estrada executadas através de placas pré-fabricadas.

A sinalização vertical tem por finalidade fornecer informações que permitam aos usuários adotar comportamentos adequados, de modo a aumentar a segurança, ordenar os fluxos de tráfego e orientar os usuários da via.

As dimensões das placas foram adotadas obedecendo as diretrizes do Conselho Nacional de Trânsito e estão especificadas no Projeto de Sinalização.

2.5.1.1 PLACAS DE REGULAMENTAÇÃO

Indicam limitações, proibições ou restrições.

A forma padrão do sinal de regulamentação é a circular, e as cores são vermelha, preta e branca. Constituem exceção, quanto à forma, os sinais R-1 – “Parada Obrigatória” e R-2 – “Dê a Preferência”.

2.5.1.2 PLACAS DE ADVERTÊNCIA

Tem função de chamar a atenção/advertir os condutores de veículos sobre condições com potencial de risco existentes na via ou nas suas proximidades.

A forma padrão dos sinais de advertência é quadrada, devendo uma das diagonais ficar na posição vertical. Suas cores são: amarela e preta.

2.5.1.3 PLACAS INDICATIVAS

Possui objetivo de indicar direções, localizações, pontos de interesse ou de serviços e transmitir mensagens educativas, de maneira a ajudar o condutor em seu deslocamento.

Sua forma é retangular e as cores podem variar conforme o tipo: verde e branco (indicação), azul e branco (indicação) e branco e preto (educação).

2.5.1.4 CHAPAS

As placas podem ser confeccionadas com chapas de aço laminadas a frio, e galvanizados por imersão a quente, conforme requisitos da ABNT-NBR 14891/02, nº16 ou 18, com espessura de 1,25 mm, isentas de graxas ou manchas.

2.5.1.5 REFLETIVIDADE

A sinalização vertical conforme diretriz das Resoluções do CONTRAN, devem ser todas refletivas, com exceção da cor preta.

2.5.1.6 PELÍCULA REFLETIVA

Na refletividade das placas e painéis deverão ser utilizadas películas retrorrefletivas que devem atender aos requisitos da NBR-14644/2007. As cores das placas de sinalização devem atender ao que determinam as diretrizes do CONTRAN.

2.5.1.7 SUPORTES PARA PLACAS

Os suportes das placas serão de madeira em cerne de eucalipto ou madeira de lei, com seção de 8x8 cm e altura do suporte variável conforme tamanho da placa, onde considera-se 0,75 cm de poste enterrado e altura livre de 1,20 m para área rural, com aresta e topo chanfrados, convenientemente aplainados e isentos de rachaduras ou falhas. Os postes deverão ser pintados com tinta à óleo de cor branca.

Todas as placas com base superior ou igual a 1,00 m deverão ter dois suportes.

2.5.1.8 AFASTAMENTO LATERAL DAS PLACAS

Segundo diretrizes normativas, as placas implantadas na região rural, que é o caso do trecho em questão, deverão ter distância lateral de 1,20 metros do bordo externo do acostamento.

2.5.2 SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

A sinalização horizontal refere-se a sinalização viária composta de linhas de canalização de fluxo, marcas, símbolos e legendas. Neste caso a sinalização horizontal consistirá basicamente na pintura sobre o pavimento com faixas contínuas e/ou tracejadas na cor amarela (eixo) e cor branca (bordos) além de tachas e tachões nos segmentos recomendados. A cadência de cada dispositivo esta indicada nas notas de serviço apresentadas junto ao volume do Projeto de Sinalização.

Para a velocidade de uso da via que neste caso é 30km/h os dados indicados são:

- Largura da linha de eixo (amarela): 0,10m.
- Largura das linhas de bordo (branca): 0,10m.

2.5.2.1 COR BRANCA

A cor branca deve ser utilizada nas linhas que delimitam a pista de rolamento, linhas de bordo, tracejadas (quando houver acesso à estrada), ou contínuas.

Os posicionamentos, larguras, e cadências devem obedecer às diretrizes da Resolução 236/2007 do CONTRAN.

2.5.2.2 COR AMARELA

A cor amarela deverá ser utilizada no eixo, sendo linhas de divisão de fluxo opostos, contínuas ou tracejadas.

Os posicionamentos, largura, e cadências devem obedecer às diretrizes da Resolução 236/2007 do CONTRAN.

Para demarcação da sinalização horizontal do pavimento será empregada tinta acrílica em toda linha geral.

2.5.2.3 MATERIAIS

A tinta para a sinalização horizontal do presente projeto deverá ser do tipo plástico a frio retro-refletivo à base de resinas acrílicas, apresentando ampla visibilidade diurna e noturna, aplicadas por “spray”, por meio de máquinas apropriadas. O material deve consistir de uma mistura bem proporcionada de resina, pigmentos e cargas, solventes e aditivos, formando um produto líquido com características termoplásticas, de secagem física, sem reações químicas prejudiciais ao pavimento.

2.5.2.4 TACHAS REFLETIVAS

Tachas são delineadores constituídos de superfície refletoras com dimensões de 97 x 100mm, fixadas ao pavimento através de colas apropriadas, do tipo Epóxi.

As tachas serão em cor coerentes com a da linha a que se está conjugando e terão seus refletores nas seguintes cores:

- Linhas de bordo: refletores branco/vermelho;
- Linhas de eixo: refletores amarelos.

Para a cadência das tachas, indicamos o espaçamento de 16,00 em 16,00 metros.

2.5.2.5 TACHÕES REFLETIVOS

São delineadores constituídos de superfície refletoras com dimensões de 240x150 mm, fixados ao pavimento através de pinos ou colas apropriadas.

Tachões bidirecionais com cor única amarelo com refletores na mesma cor, espaçamento de 8 em 8 metros.

2.5.3 SINALIZAÇÃO DE OBRA

A sinalização de obras é um item de suma importância para a execução da obra e deverá ser plenamente assegurada, no que concerne à sua implantação e efetividade, desde o primeiro dia de trabalho.

A segurança e controle do trânsito no trecho em obras durante a execução é de inteira responsabilidade da empreiteira contratada para execução dos serviços.

Apresentamos no volume de Projeto Executivo o Projeto de Sinalização de Obras, conforme o mesmo os sinais a serem utilizados para tal finalidade deverão seguir as diretrizes contidas nas Instruções para Sinalização Rodoviária do DAER, sendo que o uso de dispositivos não incluídos nas mesmas deverá ser previamente autorizado pela Fiscalização responsável.

2.6 PROJETO DE OBRAS COMPLEMENTARES

PROJETO DE OBRAS COMPLEMENTARES

Fazem parte do Projeto de Obras Complementares os serviços referentes à compensação do impacto ambiental decorrente da execução da obra.

2.6.1 ENLEIVAMENTO | HIDROSSEMEADURA

O enleivamento ou hidrossemeadura deverá ser executado visando proteger o solo dos processos de erosão dispostos em taludes, valetas de drenagem e bota-foras

2.6.2 COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

De acordo com o Licenciamento Ambiental deverão ser realizados os serviços de plantio de mudas de árvores para reposição florestal e o transplante de árvores nativas.

2.6.3 EXECUÇÃO DE BOTA-FORA (ALARGAMENTOS)

Devido ao desnível significativo da rodovia, o material excedente proveniente das atividades de terraplenagem deverá ser depositado ao lado direito da via, na forma de pedra jogada, visando a proteção do talude de aterro dos processos erosivos conforme os locais determinados pela Fiscalização Municipal.

2.7 DESAPROPRIAÇÕES

DESAPROPRIAÇÕES

Conforme mencionado neste relatório, para a implantação da pavimentação asfáltica será mantido o traçado existente em toda a extensão do trecho de projeto. Desta forma, não estão previstas desapropriações, não havendo impeditivo burocrático ou financeiro que possa atrasar a implantação da pavimentação asfáltica da referida rodovia.

3 DOCUMENTOS PARA EXECUÇÃO DAS OBRAS

3.1 ANEXO | PLANO DE EXECUÇÃO

MEMORIAL DESCRITIVO

Este documento integra a documentação de **projeto para implantação de pavimentação asfáltica da Rodovia Municipal Estrada 500, na cidade de São Marcos - RS.**

I - NORMAS GERAIS

1- PRINCÍPIOS

O presente memorial tem a finalidade de descrever os materiais e serviços que irão compor as obras de terraplenagem, pavimentação asfáltica, drenagem e sinalização viária.

2- OBRIGAÇÕES DO EMPREITEIRO

Obedecer às Normas e Leis de Higiene e Segurança do Trabalho;

Corrigir, às suas custas, quaisquer vícios ou defeitos ocorridos na execução da obra (objeto do contrato), responsabilizando-se por quaisquer danos causados decorrentes de sua negligencia, imperícia ou omissão;

Empregar operários devidamente especializados nos serviços a serem executados, em número compatível com a natureza da obra;

Iniciar a execução da obra somente após a liberação dos trechos pela equipe de fiscalização;

Manter limpo o local da obra, com remoção adequada de lixos e entulhos;

Providenciar a colocação de placas de obra, placas de sinalização, conforme projeto anexo;

Fazer o recolhimento da Anotação de Responsabilidade Técnica (ART de Execução);

A empreiteira tomará todas as precauções e cuidados para garantir inteiramente a estabilidade de prédios vizinhos, canalizações e redes que possam ser atingidos, propriedades de terceiros, quer sejam estas entidades públicas ou privadas, garantindo ainda, a segurança de operários e transeuntes durante todo tempo de duração da obra;

Poderá a empreiteira, para executar os serviços, determinar os turnos de trabalho que julgar necessários, observada a legislação trabalhista vigente, e liberação da fiscalização.

A empreiteira deverá providenciar, em tempo hábil, todos os meios para que a construção, depois de iniciada, não sofra interrupção até a sua conclusão, salvo os embargos justificados e legalmente previstos.

3 - MATERIAIS E MÃO-DE-OBRA

As normas aprovadas ou recomendadas, as especificações, os métodos, os ensaios e os padrões da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) referentes aos materiais já normatizados, mão-de-obra e execução de serviços especificados deverão ser rigorosamente exigidas.

4 - INSTALAÇÃO DA OBRA

Ficarão a cargo exclusivo da empreiteira, todas as providências e despesas correspondentes às instalações provisórias da obra, compreendendo o aparelhamento, mão-de-obra, maquinário e ferramentas necessárias à execução dos serviços provisórios tais como, cercas, tapumes, instalação de água, etc.

5 - SERVIÇOS PRELIMINARES

A Empreiteira deverá proceder à locação da obra rigorosamente dentro das indicações contidas no Projeto Executivo.