

PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA

**PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA DA
ESTRADA CELESTE MAFFASIOLI (CB-005)
ESTACA E 1+100 a E1+728,2**

CARLOS BARBOSA / RS

SUMÁRIO

1.	INFORMAÇÕES SOBRE O EMPREENDIMENTO.....	4
1.1.	LOCALIZAÇÃO.....	4
1.2.	CARACTERÍSTICAS DA VIA EXISTENTE.....	5
2.	CLASSIFICAÇÃO DA VIA	5
2.1.	CONFORME LEI MUNICIPAL Nº 4.015 DE 2022.....	5
2.2.	CONFORME MANUAL DE PROJETOS RODOVIÁRIOS DO DAER/RS.....	5
3.	PROJETO GEOMÉTRICO.....	5
3.1.	CURVAS HORIZONTAIS E VERTICAIS	6
3.2.	TIPO DA REGIÃO.....	6
3.3.	VELOCIDADE DIRETRIZ	6
3.4.	VEÍCULO DE PROJETO	7
3.5.	DISTÂNCIAS DE VISIBILIDADE	7
3.5.1.	DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE DE PARADA.....	7
3.5.2.	DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE DE ULTRAPASSAGEM.....	8
3.6.	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL.....	8
3.7.	SUPERELEVAÇÃO.....	8
3.8.	RAIO MÍNIMO DE CURVA	9
3.9.	COMPRIMENTO MÍNIMO DAS CURVAS DE TRANSIÇÃO.....	10
3.10.	LARGURA DA VIA	10
3.10.1.	CONFORME MANUAL DE PROJETOS RODOVIÁRIOS (DAER).....	10
3.10.2.	CONFORME LEI MUNICIPAL Nº 4.015 DE 2022.....	11
3.11.	SUPERLARGURA	11
3.13.	RAMPAS MÁXIMAS.....	13
3.14.	CURVAS VERTICAIS	14
3.15.	INCLINAÇÃO DE CORTES E ATERROS.....	14
3.16.	RESUMO	15
3.17.	COORDENADAS.....	16
4.	PROJETO DE TERRAPLENAGEM.....	18
4.1.	LARGURA DA PLATAFORMA DE TERRAPLENAGEM	18
5.	PROJETO DE DRENAGEM	18
5.1.	TEMPO DE RECORRÊNCIA	18
5.2.	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO	19
5.3.	INTENSIDADE DA CHUVA	19
5.4.	DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO.....	19

PAVIMENTAÇÃO DA ESTRADA MUNICIPAL CELESTE MAFFASIOLI (CB-005)

5.5.	DETALHAMENTO DE PROJETO	20
5.6.	DRENAGEM A SER EXECUTADA.....	20
5.7.	DRENAGEM SUPERFICIAL A SER EXECUTADA	21
6.	PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO	21
6.1.	CARACTERIZAÇÃO DO TRÁFEGO.....	21
6.2.	DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO	23
6.2.1.	COEFICIENTES DE EQUIVALÊNCIA ESTRUTURAL.....	23
6.2.2.	CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS	23
6.2.3.	ESPESSURA DO REVESTIMENTO BETUMINOSO.....	24
6.3.	CÁLCULO	25
6.4.	LIBERAÇÃO POR CAMADA.....	28
7.	PROJETO DE SINALIZAÇÃO	29

PAVIMENTAÇÃO DA ESTRADA MUNICIPAL CELESTE MAFFASIOLI (CB-005)

1. INFORMAÇÕES SOBRE O EMPREENDIMENTO

1.1. LOCALIZAÇÃO

O projeto descrito neste memorial localiza-se no Município de Carlos Barbosa/RS e corresponde à pavimentação asfáltica da Estrada Celeste Maffasioli (CB-005).

O início do trecho se dá no final da pavimentação asfáltica na estaca E1+100 e o final do trecho se dá na estaca E1+728,2, junto a BR-470 com extensão de 628,2m.

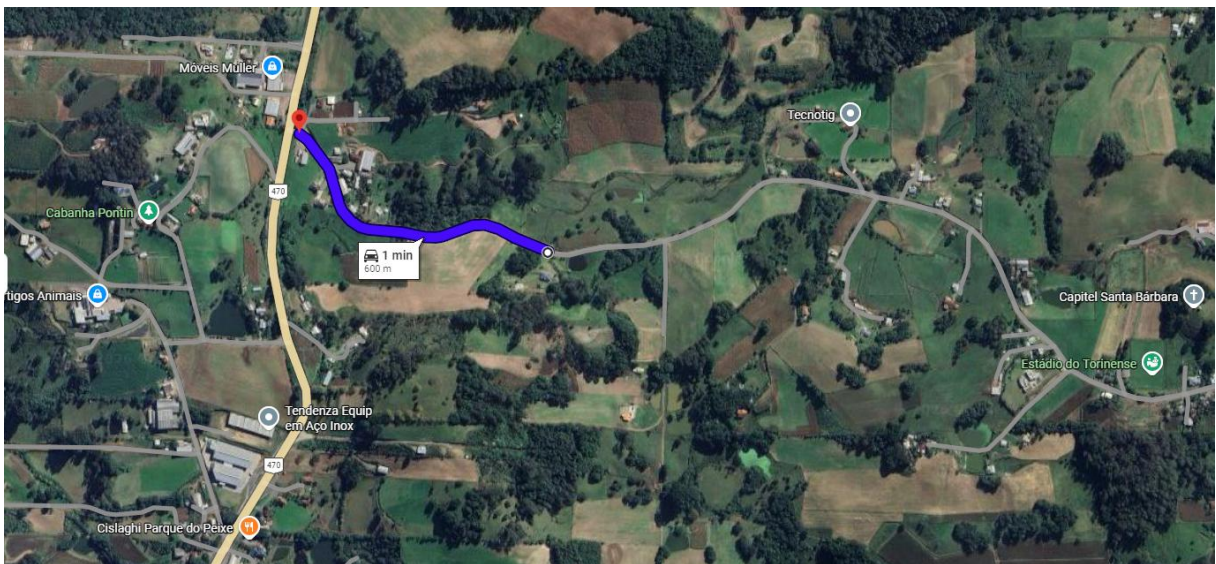


Figura 1 - Estrada Celeste Maffasioli

1.2. CARACTERÍSTICAS DA VIA EXISTENTE

Atualmente o trecho encontra-se em revestimento primário.

2. CLASSIFICAÇÃO DA VIA

2.1. CONFORME LEI MUNICIPAL Nº 4.015 DE 2022

Conforme a referida Lei Municipal, a estrada em questão é classificada como Via Principal:

Art. 4º As Rodovias e Estradas rurais do Município classificadas como Principais, Secundárias e de Acesso, compreendem:

I - Principais: são as vias de ligação da sede municipal aos distritos, as de ligação da sede municipal às rodovias federais e estaduais bem como as de ligação dos distritos às rodovias federais e estaduais e são as constantes no Anexo I da presente Lei;

Conforme o Anexo I da Lei, a Estrada em questão é a CB-005, conhecida por Estrada Celeste Maffasioli.

2.2. CONFORME MANUAL DE PROJETOS RODOVIÁRIOS DO DAER/RS

Em função do tráfego existente da rodovia o Volume Diário Médio (VDM) é menor que 200 veículos. Portanto, a via é classificada como Rodovia Vicinal Classe C (DAER).

3. PROJETO GEOMÉTRICO

Corresponde à definição das características geométricas do traçado (curvas horizontais e verticais), além da definição da largura necessária para execução do pavimento.

3.1. CURVAS HORIZONTAIS E VERTICAIS

Para o projeto em questão, o traçado foi definido em função da pista existente já estabelecida e consolidada, evitando-se interferências existentes, como vegetação nativa e postes de energia, e corrigindo-se curvas horizontais e verticais, acentuadas, de modo a garantir o conforto dos condutores.

3.2. TIPO DA REGIÃO

Segundo o DAER, tipo de região é definido pela média ponderada das rampas segundo o eixo da via, conforme faixas de inclinação:

Região Plana: $0\% < i \leq 2,0\%$

Região Ondulada: $2\% < i \leq 4,5\%$

Região Montanhosa: $i > 4,5\%$

Assim, por se tratar de via existente, as inclinações das rampas superam os limites de 4,5%, portanto, a região de projeto adotada será **Região Montanhosa**.

3.3. VELOCIDADE DIRETRIZ

Velocidade diretriz, ou velocidade de projeto, é a velocidade selecionada para fins de projeto da via e que condiciona certas características, como greide máximo, raio mínimo de curva horizontal, distâncias de visibilidade nas curvas verticais, distância de ultrapassagem, superelevação, etc.

VELOCIDADE DIRETRIZ PARA RODOVIAS VICINAIS (km/h)			
CLASSES DE PROJETO	RELEVO		
	PLANO	ONDULADO	MONTANHOSO
A e B	80	60	40
C e D	60	40	30

Tabela 1 - Velocidade diretriz para rodovias vicinais (DAER).

Portanto, a Velocidade Diretriz adotada será de **30km/h**.

3.4. VEÍCULO DE PROJETO

A parte mais significativa do trânsito pesado é o de veículos comerciais rígidos de maiores dimensões, portanto, o veículo de projeto adotado será o Veículo de Projeto **Tipo O**.

CARACTERÍSTICAS DO VEÍCULO	VEÍCULOS LEVES (VP)	CAMINHÕES E ÔNIBUS CONVENCIONAIS (CO)	CAMINHÕES E ÔNIBUS LONGOS (O)	SEMI-REBOQUE (SR)
LARGURA TOTAL	2,10m	2,60m	2,60m	2,60m
COMPRIMENTO TOTAL	5,80m	9,10m	12,20m	16,80m
RAIO MÍNIMO DA RODA EXTERNA DIANTEIRA	7,30m	12,80m	12,80m	13,70m
RAIO MÍNIMO DA RODA INTERNA TRASEIRA	4,70m	8,70m	7,10m	6,00m

Tabela 2 - Dimensões Básicas dos Veículos de Projeto (DAER)

3.5. DISTÂNCIAS DE VISIBILIDADE

3.5.1. DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE DE PARADA

É a extensão da via a frente que o motorista deve poder enxergar para que, após ver um obstáculo que o obrigue à parada, possa imobilizar o veículo sem atingir o obstáculo.

Esse parâmetro é utilizado na definição das curvas horizontais e verticais em vias com duas faixas de tráfego.

DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE DE PARADA	VELOCIDADE DIRETRIZ			
	30km/h	40km/h	50km/h	60km/h
MÍNIMA	30m	45m	60m	75m
DESEJÁVEL	30m	45m	65m	85m

Tabela 3 - Distância de visibilidade de parada (DAER).

Portanto, a Distância de Visibilidade de Parada adotada deverá ser de **30m**.

3.5.2. DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE DE ULTRAPASSAGEM

É a extensão da via a frente que o motorista deve enxergar antes de iniciar uma ultrapassagem em via de duas faixas de tráfego, para assegurar a bem sucedida conclusão da manobra e a não interferência com veículo se aproximando em sentido oposto (também chamada distância dupla de visibilidade).

	VELOCIDADE DIRETRIZ			
	30km/h	40km/h	50km/h	60km/h
DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE DE ULTRAPASSAGEM	180m	270m	350m	420m

Tabela 4 - Distância de visibilidade de ultrapassagem (DAER)

Portanto, a Distância de Visibilidade de Ultrapassagem a ser verificada será de **180m**.

3.6. INCLINAÇÃO TRANSVERSAL

Inclinações transversais altas são vantajosas para acelerar o escoamento da água pluvial. Em contraste, valores baixos são preferíveis por motivos estéticos, de conforto para dirigir e de menor desvio lateral quando de freadas bruscas, ventos fortes ou lama na pista. Porém a adoção de valores baixos de inclinação transversal requer pavimentos de alta qualidade e elevado grau de acabamento.

Conforme Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais, a declividade transversal mais recomendável para as pistas em concreto betuminoso é 2%, sendo este o valor adotado para o projeto.

3.7. SUPERELEVAÇÃO

Superelevação é a declividade em um único sentido que a pista é dotada nas curvas, com o caimento orientado para o centro (lado interno) da curva, com o objetivo de contrabalançar a atuação da força centrífuga.

A superelevação a ser adotada nas curvas tem influência sobre a segurança e o conforto de viagem. A principal característica a ser inicialmente

PAVIMENTAÇÃO DA ESTRADA MUNICIPAL CELESTE MAFFASIOLI (CB-005)

estabelecida é a taxa máxima de superelevação, que deverá ser de preferência mantida para um trecho inteiro. O valor adotado servirá de base para determinação das taxas de superelevação para raios acima do mínimo. Os valores recomendados encontram-se na tabela a seguir:

$e_{m\acute{a}x}$	VELOCIDADE DIRETRIZ			
	30km/h	40km/h	50km/h	60km/h
4%	30m	60m	100m	150m
6%	25m	55m	90m	135m
8%	25m	50m	80m	125m
10%	25m	45m	75m	115m
12%	20m	45m	70m	105m

Tabela 5 - Taxas máximas de superelevação e raios mínimos (DNER)

3.8. RAIOS MÍNIMO DE CURVA

Os valores dos raios mínimos para diferentes velocidades de projeto, em função das diferentes taxas máximas de superelevação ($e_{m\acute{a}x}$), estão apresentados na Tabela 4; para o projeto em questão serão adotados os seguintes valores para superelevação máxima e raio mínimo, respectivamente: **4,00%** e **30m**.

$e_{m\acute{a}x}$	VELOCIDADE DIRETRIZ			
	30km/h	40km/h	50km/h	60km/h
4%	30m	60m	100m	150m

Tabela 6 - Raios mínimos (DNER)

A tabela a seguir indica os valores dos raios acima dos quais se pode dispensar o emprego de curva de transição.

VELOCIDADE DIRETRIZ	30km/h	40km/h	50km/h	60km/h
RAIO	200m	350m	500m	700m

Tabela 7 - Raios mínimos para curvas sem transição (DAER)

3.9. COMPRIMENTO MÍNIMO DAS CURVAS DE TRANSIÇÃO

O comprimento das curvas de transição deverão ser de, no mínimo 30,00m, atendendo os comprimentos mínimo exigido conforme tabela:

VELOCIDADE DIRETRIZ	30km/h	40km/h	50km/h	60km/h	70km/h	80km/h
$L_{\text{mín}}$	30m	30m	30m	30m	40m	40m

Tabela 8 - Comprimentos mínimos absolutos das curvas de transição (DNER)

3.10. LARGURA DA VIA

3.10.1. CONFORME MANUAL DE PROJETOS RODOVIÁRIOS (DAER)

Conforme indicado no Manual, a largura mínima da faixa de rolamento deverá ser de 3,00m, conforme tabela:

FAIXA DE ROLAMENTO (m)			
CLASSES DE PROJETO	REGIÃO		
	PLANA	ONDULADA	MONTANHOSA
A	3,50	3,50	3,50
B, C e D	3,00	3,00	3,00

Tabela 9 - Largura das Faixas de Rolamento (DAER)

Já a largura do acostamento, a respectiva Norma indica:

ACOSTAMENTOS (m)			
CLASSES DE PROJETO	REGIÃO		
	PLANA	ONDULADA	MONTANHOSA
A e B	1,00	1,00	1,00
C	0,50	0,50	0,50
D	-	-	-

Tabela 10 - Largura dos Acostamentos Externos (DAER)

Deste modo, o Manual exige a largura mínima de 7,00m.

3.10.2. CONFORME LEI MUNICIPAL Nº 4.015 DE 2022

Conforme o Artigo 8º da Lei Municipal 4.015/2022 estabelece, as vias públicas primárias deverão possuir 3,50m de largura cada faixa, totalizando 7,00m de pista de rolamento.

Portanto, para a via em questão, será adotado **7,00m de pista** nos trechos em tangente; em curvas, será considerada a superlargura correspondente.

3.11. SUPERLARGURA

A largura da pista é determinada em função das larguras máximas dos veículos que a utilizam e da velocidade de projeto.

O valor mínimo de superlargura será de 0,40m; portanto, para valores abaixo deste limite a superlargura será dispensada. Sua distribuição dar-se-á de forma simétrica na largura da via durante no trecho da curva de transição.

3.12. CÁLCULO CONFORME DAER/RS

A superlargura nas curvas será determinada pela fórmula:

$$S = n \times \left(R - \sqrt{R^2 - E^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Onde:

S = Superlargura (m)

n = Números de faixa de tráfego

R = Raio da curva (m)

V = Velocidade diretriz (km/h)

E = Distância entre os eixos da parte rígida (normalmente adota – se 6,00m)

Com o objetivo de facilitar a montagem da tabela de superlargura, adotaremos:

$$A = n \times \left(R - \sqrt{R^2 - E^2} \right)$$

$$B = \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

PAVIMENTAÇÃO DA ESTRADA MUNICIPAL CELESTE MAFFASIOLI (CB-005)

Portanto,

$$S = A + B = n \times \left(R - \sqrt{R^2 - E^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

A seguir encontra-se a tabela resumo de superlargura em função do raio das curvas.

VELOCIDADE DE PROJETO 30km/h					
RAIO	TERMO		SUPERLARGURA		
	A	B	S	0,5 S	ADOTADA
25	1,40	0,60	2,00	1,00	1,00
30	1,20	0,55	1,75	0,87	0,90
35	1,00	0,51	1,51	0,75	0,75
40	0,80	0,47	1,27	0,64	0,70
45	0,80	0,45	1,25	0,62	0,65
50	0,60	0,42	1,02	0,51	0,50
55	0,60	0,40	1,00	0,50	0,50
60	0,60	0,39	0,99	0,49	0,50
65	0,40	0,37	0,77	0,39	0,40
70	0,40	0,36	0,76	0,38	0,40
75	0,40	0,35	0,75	0,37	0,40
80	0,40	0,34	0,74	0,37	0,40
85	0,40	0,33	0,73	0,36	0,40
90	0,40	0,32	0,72	0,36	0,40
95	0,20	0,31	0,51	0,25	0,25
100	0,20	0,30	0,50	0,25	0,25
105	0,20	0,29	0,49	0,25	0,25
110	0,20	0,29	0,49	0,24	0,25
115	0,20	0,28	0,48	0,24	0,25
120	0,20	0,27	0,47	0,24	0,25
125	0,20	0,27	0,47	0,23	0,25
130	0,20	0,26	0,46	0,23	0,25
135	0,20	0,26	0,46	0,23	0,25
140	0,20	0,25	0,45	0,23	0,25
145	0,20	0,25	0,45	0,22	0,20
150	0,20	0,24	0,44	0,22	0,20
155	0,20	0,24	0,44	0,22	0,20
160	0,20	0,24	0,44	0,22	0,20
165	0,20	0,23	0,43	0,22	0,20
170	0,20	0,23	0,43	0,22	0,20
175	0,20	0,23	0,43	0,21	0,20
180	0,20	0,22	0,42	0,21	0,20
R > 180	SUPERLARGURA DISPENSÁVEL				

Tabela 11 - Largura de superlargura (DAER)

3.13. RAMPAS MÁXIMAS

De acordo com o Manual de Projetos Rodoviários (DAER) as para estradas vicinais, as rampas máximas a serem utilizadas são:

RAMPAS MÁXIMAS - RODOVIAS VICINAIS			
CLASSES DE PROJETO	REGIÃO		
	PLANA	ONDULADA	MONTANHOSA
A	4%	6%	8%
B	4%	6%	8%
C	5%	7%	9%
D	6%	8%	10%

Tabela 12 - Rampas máximas (DAER)

Entretanto, conforme descreve a Instrução de Projeto do DER/SP NT-DE-F00/001:

A adoção de declividades longitudinais suaves atende a fatores relacionados ao desempenho operacional dos veículos, aos custos operacionais, à segurança da via e a aspectos associados ao consumo de combustível e ao controle da poluição.

Por outro lado, deve-se considerar que as declividades devem ser definidas de forma que o perfil longitudinal da via se adapte tanto quanto possível ao relevo natural do terreno, visando à proteção do meio ambiente, traduzida por menores intervenções, além da redução dos custos de construção.

Fonte: NT-DE-F00/001, DER/SP, grifo nosso.

Portanto, utilizando-se a Tabela 11.2 da Instrução de projeto NT-DE-F00/001, que se baseia na publicação *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets* (AASHTO), temos que a rampa máxima permitida para vias locais rurais:

RAMPAS MÁXIMAS - VIAS LOCAIS RURAIS (AASHTO)				
RELEVO	VELOCIDADE DE PROJETO			
	30km/h	40km/h	50km/h	60km/h
PLANO	8%	7%	7%	7%
ONDULADO	11%	11%	10%	10%
MONTANHOSO	16%	15%	14%	13%

Tabela 13 - Rampas máximas (Tabela 11.2 NT-DE-F00/001, DER/SP)

Quando possível, serão respeitados os limites estipulados pelo DAER.

3.14. CURVAS VERTICAIS

O cálculo dos valores de K se baseia normalmente na necessidade de proporcionar as distâncias de visibilidade de parada, conforme tabela:



VELOCIDADE DIRETRIZ	30km/h	40km/h	50km/h	60km/h
CURVAS VERTICAIS CONVEXAS 				
$K_{\text{mínimo}}$	2	5	9	14
$K_{\text{desejável}}$	2	5	10	18
CURVAS VERTICAIS CÔNCAVAS 				
$K_{\text{mínimo}}$	4	7	11	15
$K_{\text{desejável}}$	4	7	12	17

Tabela 14 - Valores de K (DNER)

3.15. INCLINAÇÃO DE CORTES E ATERROS

Considerando-se a relação de distâncias entre os planos horizontais e verticais (H:V), serão adotados os seguintes valores:

- Corte: 1,0 : 1,5;
- Aterro: 1,5 : 1,0;

PAVIMENTAÇÃO DA ESTRADA MUNICIPAL CELESTE MAFFASIOLI (CB-005)

3.16. RESUMO

ESTRADA MUNICIPAL CELESTE MAFFASIOLI - CB-005	
CLASSIFICAÇÃO DA VIA	
CONFORME LEI MUNICIPAL Nº 4.015 / 2022	VIA PRINCIPAL
CONFORME MANUAL DE PROJETOS RODOVIÁRIOS DO DAER/RS	RODOVIA VICINAL CLASSE C
INFORMAÇÕES SOBRE O PROJETO GEOMÉTRICO	
EXTENSÃO	0.628,20M
LARGURA DA VIA EM TANGENTE	7,00M
POSSUI ACOSTAMENTO	NÃO
POSSUI SUPERLARGURA	SIM
TIPO DA REGIÃO	MONTANHOSA
VELOCIDADE DIRETRIZ	30 KM/H
VEÍCULO DE PROJETO	TIPO O
DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE DE PARADA	30,00M
DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE DE ULTRAPASSAGEM	180,00M
INCLINAÇÃO TRANSVERSAL DA PISTA	2,00%
SUPERELEVÇÃO MÁXIMA	4,00%
RAIO MÍNIMO DE CURVA	30,00M
RAMPA MÁXIMA	13,00%
LARGURA DA PLATAFORMA DA TERRPLENAGEM EM TANGENTE	9,00M
LARGURA DA PLATAFORMA DA TERRPLENAGEM EM CURVA	LARGURA DA PISTA + 2,00M
TALUDE DE CORTE (H : V)	1,0 : 1,5
TALUDE DE ATERRO (H : V)	1,5 : 1,0
FAIXA DE DOMÍNIO (DISTÂNCIA DO EIXO DA PISTA) LEI MUNICIPAL Nº 4.015 / 2022	10,00M
INFORMAÇÕES SOBRE O PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO	
VDM (CONFORME IP 06/2004)	101 A 300
NÚMERO N (PARA DIMENSIONAMENTO)	2×10^6
ESPESSURA CAMADA ASFÁLTICA	5,0CM
ESPESSURA DA BASE EM BRITA GRADUADA	16,0CM
ESPESSURA DA SUB-BASE EM MACADAME SECO	20,0CM
ESPESSURA DA REGULARIZAÇÃO/COMPACTAÇÃO DO SUBLEITO	20,0CM

PAVIMENTAÇÃO DA ESTRADA MUNICIPAL CELESTE MAFFASIOLI (CB-005)

3.17. COORDENADAS

COORDENADA POR ESTAÇA					
ESTAÇÃO	OFFSET	X	Y	Z	DESCRIÇÃO
1+100	-3,75	352.062,7093	1.754.281,8649	649,252	BORDO ESQUERDO
1+100	0,00	352.063,3755	1.754.285,5552	649,124	EIXO
1+100	3,75	352.064,0417	1.754.289,2456	648,997	BORDO DIREITO
1+120	-3,59	352.042,9390	1.754.287,2563	648,781	BORDO ESQUERDO
1+120	0,00	352.044,0565	1.754.290,6672	648,798	EIXO
1+120	3,59	352.045,1740	1.754.294,0781	648,726	BORDO DIREITO
1+140	-3,50	352.023,9979	1.754.293,8873	648,958	BORDO ESQUERDO
1+140	0,00	352.025,1511	1.754.297,1919	649,025	EIXO
1+140	3,50	352.026,3042	1.754.300,4965	648,955	BORDO DIREITO
1+160	-3,50	352.005,0807	1.754.300,5404	649,879	BORDO ESQUERDO
1+160	0,00	352.006,2839	1.754.303,8270	649,805	EIXO
1+160	3,50	352.007,4872	1.754.307,1137	649,732	BORDO DIREITO
1+180	-3,50	351.986,3315	1.754.308,2465	651,231	BORDO ESQUERDO
1+180	0,00	351.987,7903	1.754.311,4280	651,140	EIXO
1+180	3,50	351.989,2491	1.754.314,6095	651,049	BORDO DIREITO
1+200	-3,50	351.968,2688	1.754.317,1243	652,984	BORDO ESQUERDO
1+200	0,00	351.969,8428	1.754.320,2504	653,012	EIXO
1+200	3,50	351.971,4167	1.754.323,3766	652,942	BORDO DIREITO
1+220	-3,60	351.950,3885	1.754.325,9868	654,964	BORDO ESQUERDO
1+220	0,00	351.951,9660	1.754.329,2180	655,035	EIXO
1+220	3,60	351.953,5434	1.754.332,4492	655,016	BORDO DIREITO
1+240	-3,86	351.932,3689	1.754.333,0799	656,567	BORDO ESQUERDO
1+240	0,00	351.933,4755	1.754.336,7805	656,693	EIXO
1+240	3,86	351.934,5820	1.754.340,4808	656,819	BORDO DIREITO
1+260	-3,90	351.913,7393	1.754.335,8496	657,711	BORDO ESQUERDO
1+260	0,00	351.913,7656	1.754.339,7496	657,859	EIXO
1+260	3,90	351.913,7919	1.754.343,6495	658,007	BORDO DIREITO
1+280	-3,88	351.895,0635	1.754.333,3207	658,843	BORDO ESQUERDO
1+280	0,00	351.894,0158	1.754.337,0530	658,962	EIXO
1+280	3,88	351.892,9681	1.754.340,7850	659,080	BORDO DIREITO
1+300	-3,78	351.876,8687	1.754.326,5207	660,068	BORDO ESQUERDO
1+300	0,00	351.875,3314	1.754.329,9701	660,063	EIXO
1+300	3,78	351.873,7941	1.754.333,4194	660,057	BORDO DIREITO
1+320	-3,75	351.858,2891	1.754.318,5143	660,958	BORDO ESQUERDO
1+320	0,00	351.856,9801	1.754.322,0284	660,833	EIXO
1+320	3,75	351.855,6710	1.754.325,5425	660,708	BORDO DIREITO
1+340	-3,75	351.838,2851	1.754.313,2057	661,159	BORDO ESQUERDO
1+340	0,00	351.837,6796	1.754.316,9065	661,032	EIXO
1+340	3,75	351.837,0742	1.754.320,6073	660,904	BORDO DIREITO
1+360	-3,75	351.817,6321	1.754.311,8628	660,956	BORDO ESQUERDO
1+360	0,00	351.817,7532	1.754.315,6109	660,828	EIXO
1+360	3,75	351.817,8744	1.754.319,3589	660,701	BORDO DIREITO
1+380	-3,50	351.797,3669	1.754.314,3298	660,620	BORDO ESQUERDO
1+380	0,00	351.797,8853	1.754.317,7912	660,610	EIXO
1+380	3,50	351.798,4038	1.754.321,2526	660,540	BORDO DIREITO
1+400	-3,50	351.777,5875	1.754.317,2922	660,321	BORDO ESQUERDO
1+400	0,00	351.778,1059	1.754.320,7536	660,391	EIXO
1+400	3,50	351.778,6244	1.754.324,2150	660,321	BORDO DIREITO

PAVIMENTAÇÃO DA ESTRADA MUNICIPAL CELESTE MAFFASIOLI (CB-005)

COORDENADA POR ESTACA					
ESTAÇÃO	OFFSET	X	Y	Z	DESCRIÇÃO
1+420	-3,50	351.757,8081	1.754.320,2546	660,240	BORDO ESQUERDO
1+420	0,00	351.758,3266	1.754.323,7160	660,310	EIXO
1+420	3,50	351.758,8450	1.754.327,1774	660,240	BORDO DIREITO
1+440	-3,50	351.738,0287	1.754.323,2170	661,081	BORDO ESQUERDO
1+440	0,00	351.738,5472	1.754.326,6784	661,151	EIXO
1+440	3,50	351.739,0656	1.754.330,1398	661,081	BORDO DIREITO
1+460	-3,50	351.718,2494	1.754.326,1794	662,967	BORDO ESQUERDO
1+460	0,00	351.718,7678	1.754.329,6407	663,037	EIXO
1+460	3,50	351.719,2862	1.754.333,1021	662,967	BORDO DIREITO
1+480	-3,52	351.698,4649	1.754.329,1210	665,569	BORDO ESQUERDO
1+480	0,00	351.698,9884	1.754.332,6034	665,619	EIXO
1+480	3,52	351.699,5119	1.754.336,0858	665,549	BORDO DIREITO
1+500	-3,79	351.678,3535	1.754.332,7824	668,289	BORDO ESQUERDO
1+500	0,00	351.679,3717	1.754.336,4316	668,199	EIXO
1+500	3,79	351.680,3899	1.754.340,0808	668,110	BORDO DIREITO
1+520	-3,90	351.659,0332	1.754.341,2165	670,277	BORDO ESQUERDO
1+520	0,00	351.661,1539	1.754.344,4896	670,121	EIXO
1+520	3,90	351.663,2746	1.754.347,7626	669,965	BORDO DIREITO
1+540	-3,90	351.643,3489	1.754.355,4292	671,426	BORDO ESQUERDO
1+540	0,00	351.646,3978	1.754.357,8611	671,270	EIXO
1+540	3,90	351.649,4467	1.754.360,2930	671,114	BORDO DIREITO
1+560	-3,83	351.633,0515	1.754.373,8877	672,484	BORDO ESQUERDO
1+560	0,00	351.636,6372	1.754.375,2192	672,353	EIXO
1+560	3,83	351.640,2229	1.754.376,5508	672,222	BORDO DIREITO
1+580	-3,56	351.627,4299	1.754.393,3818	673,531	BORDO ESQUERDO
1+580	0,00	351.630,8494	1.754.394,3584	673,545	EIXO
1+580	3,56	351.634,2688	1.754.395,3350	673,474	BORDO DIREITO
1+600	-3,59	351.621,8796	1.754.412,5531	675,196	BORDO ESQUERDO
1+600	0,00	351.625,3180	1.754.413,5782	675,267	EIXO
1+600	3,59	351.628,7563	1.754.414,6033	675,235	BORDO DIREITO
1+620	-3,70	351.615,4803	1.754.431,1655	677,222	BORDO ESQUERDO
1+620	0,00	351.618,9229	1.754.432,5217	677,333	EIXO
1+620	3,70	351.622,3654	1.754.433,8778	677,444	BORDO DIREITO
1+640	-3,70	351.607,2034	1.754.448,8492	679,293	BORDO ESQUERDO
1+640	0,00	351.610,4500	1.754.450,6239	679,402	EIXO
1+640	3,70	351.613,6966	1.754.452,3986	679,512	BORDO DIREITO
1+660	-3,59	351.597,0300	1.754.465,7113	681,399	BORDO ESQUERDO
1+660	0,00	351.600,0261	1.754.467,6859	681,471	EIXO
1+660	3,59	351.603,0221	1.754.469,6604	681,434	BORDO DIREITO
1+680	-3,50	351.585,9783	1.754.482,3378	683,275	BORDO ESQUERDO
1+680	0,00	351.588,8813	1.754.484,2928	683,345	EIXO
1+680	3,50	351.591,7844	1.754.486,2479	683,278	BORDO DIREITO
1+700	-3,50	351.574,8453	1.754.498,8281	684,748	BORDO ESQUERDO
1+700	0,00	351.577,6895	1.754.500,8679	684,818	EIXO
1+700	3,50	351.580,5336	1.754.502,9077	684,885	BORDO DIREITO
1+720	-3,50	351.561,4557	1.754.511,8096	685,781	BORDO ESQUERDO
1+720	0,00	351.563,4065	1.754.514,7156	685,892	EIXO
1+720	3,50	351.565,3573	1.754.517,6215	686,002	BORDO DIREITO

4. PROJETO DE TERRAPLENAGEM

Em diversos pontos não há largura para comportar toda a plataforma de terraplenagem. Assim, optou-se pela execução do alargamento na região de corte.

4.1. LARGURA DA PLATAFORMA DE TERRAPLENAGEM

Foi considerada como a largura da superfície de terraplenagem a largura do pavimento acrescido de 1,00m cada lado; quando se tratar em região de corte, terá a folga necessária para execução da sarjeta.

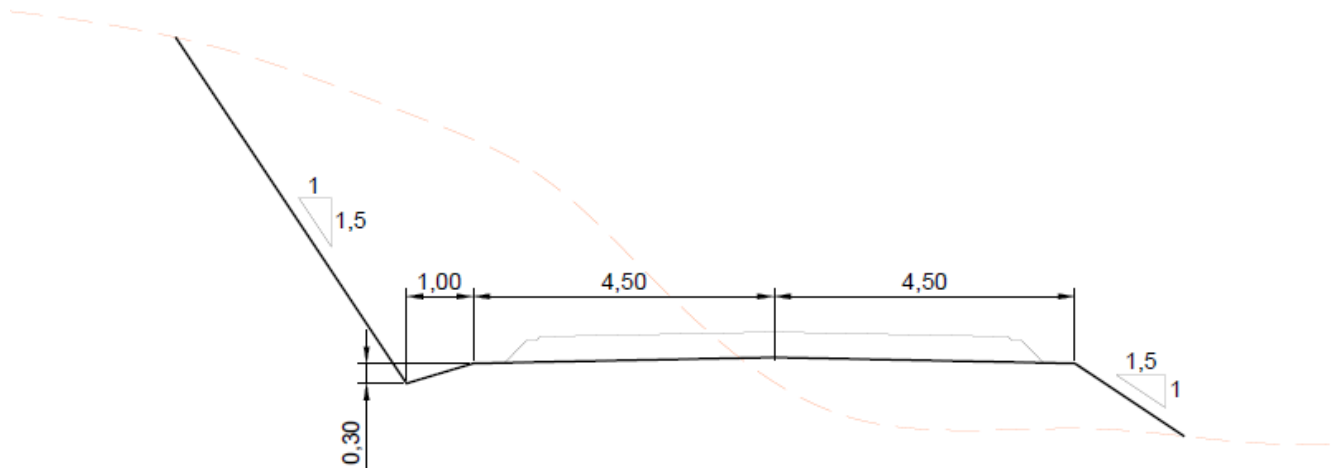


Figura 2 - Seção Tipo - Terraplenagem

5. PROJETO DE DRENAGEM

5.1. TEMPO DE RECORRÊNCIA

Conforme indicação do DAER/RS, deve-se adotar os seguintes tempos de recorrência para cada tipo de obra:

- Drenagem superficial: 5 anos;
- Transposição de talvegues:
 - Bueiros tubulares 10 anos
 - Bueiros celulares 20 anos;
- Pontes: 100 anos.

5.2. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

Para cálculo do tempo de concentração da bacia, adotou-se o método de Kirpich, o qual relaciona o comprimento do curso d'água com a declividade do talvegue. Assim, será adotado o tempo mínimo de 12 minutos.

5.3. INTENSIDADE DA CHUVA

Foi feita a análise da intensidade da chuva através da Equação de Chuvas Intensas para a cidade de Caxias do Sul, cidade mais próxima da localidade. Deste modo, determinaram-se os parâmetros de projeto, como intensidade, duração e frequência das chuvas., apresentadas na tabela a seguir:

DURAÇÃO	PERÍODO DE RETORNO					
	5 ANOS	10 ANOS	20 ANOS	30 ANOS	50 ANOS	100 ANOS
5 min	148	175	206	227	257	303
10 min	118	139	164	181	205	242
15 min	86	101	120	132	149	176
30 min	69	81	96	106	120	141
60 min	45	53	63	69	78	93

Tabela 15 - Parâmetros de intensidade, duração e frequência das chuvas

Portanto, para cálculo de vazões da drenagem superficial, será adotada a chuva mínima de 5 minutos e de 10 minutos para os bueiros.

5.4. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

Para elaboração do projeto de drenagem foi feita a verificação do atendimento das vazões para a tubulação de diâmetro comercial adotada em cada trecho. Por se tratar-se de região rural, com lavouras e gramados em sua totalidade, foi considerado o coeficiente de *run-off* de 0,10. Já para o pavimento, foi considerado o coeficiente de *run-off* de 0,95.

PAVIMENTAÇÃO DA ESTRADA MUNICIPAL CELESTE MAFFASIOLI (CB-005)

5.5. DETALHAMENTO DE PROJETO

Os dispositivos utilizados foram os especificados no Manual de Dispositivos de Drenagem do DNIT, portanto, para execução deve-se seguir o indicado no manual, como dimensões, materiais, etc.

5.6. DRENAGEM A SER EXECUTADA

DRENAGEM A SER EXECUTADA				
ESTACA	LOCAL	DIÂMETRO (M)	COMPRIMENTO (M)	TIPO
1+138	EIXO	1,00	12,00	GREIDE
1+138	LE	1,00	8,00	GREIDE
1+138	LE	N/A	N/A	CLP-02
1+145	LE	0,60	14,00	BUEIRO DE ACESSO
1+280	LE	0,40	10,00	BUEIRO DE ACESSO
1+410	LE	0,40	18,00	BUEIRO DE ACESSO
1+422	EIXO	1,20	16,00	GREIDE
1+455	LD	0,60	6,00	BUEIRO DE ACESSO
1+487	LD	0,60	8,00	BUEIRO DE ACESSO
1+513	LD	0,60	13,00	BUEIRO DE ACESSO
1+580	LD	0,40	11,00	BUEIRO DE ACESSO
1+615	EIXO	0,60	22,00	GREIDE
1+614	LE	0,60	6,00	BUEIRO DE ACESSO
1+620	LD	N/A	N/A	CLP-01
1+640	LD	0,60	29,00	BUEIRO DE ACESSO
1+640	LE	0,60	17,00	BUEIRO DE ACESSO
1+650	LD	N/A	N/A	CLP-01

5.7. DRENAGEM SUPERFICIAL A SER EXECUTADA

DRENAGEM SUPERFICIAL A SER EXECUTADA			
ESTACA	LOCAL	TIPO	COMPRIMENTO (M)
1+110	LE	SZC 90-30	41,23
1+160	LE	VPAC 120-30	42,81
1+200	LE	SZC 90-30	72,75
1+398	LE	SZC 90-30	5,00
1+420	LE	SZC 90-30	6,00
1+440	LE	SZC 90-30	53,33
1+430	LD	VPAC 120-30	33,75
1+465	LD	VPAC 120-30	23,61
1+500	LD	SZC 90-30	12,62
1+540	LD	SZC 90-30	47,75
1+600	LD	SZC 90-30	34,08
1+622	LE	SZC 90-30	14,55
1+625	LD	STC 125-25	15,91
1+645	LD	STC 125-25	6,89
1+660	LE	SZC 90-30	63,92
1+660	LD	SZC 90-30	74,94

6. PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

6.1. CARACTERIZAÇÃO DO TRÁFEGO

A via atualmente é utilizada predominantemente para acesso de propriedades rurais com lavouras e granjas. Entretanto, após receber a pavimentação, será via de principal acesso de caminhões para laticínios, frigoríficos e depósitos agrícolas, sendo primordial essa consideração no dimensionamento do pavimento.

PAVIMENTAÇÃO DA ESTRADA MUNICIPAL CELESTE MAFFASIOLI (CB-005)

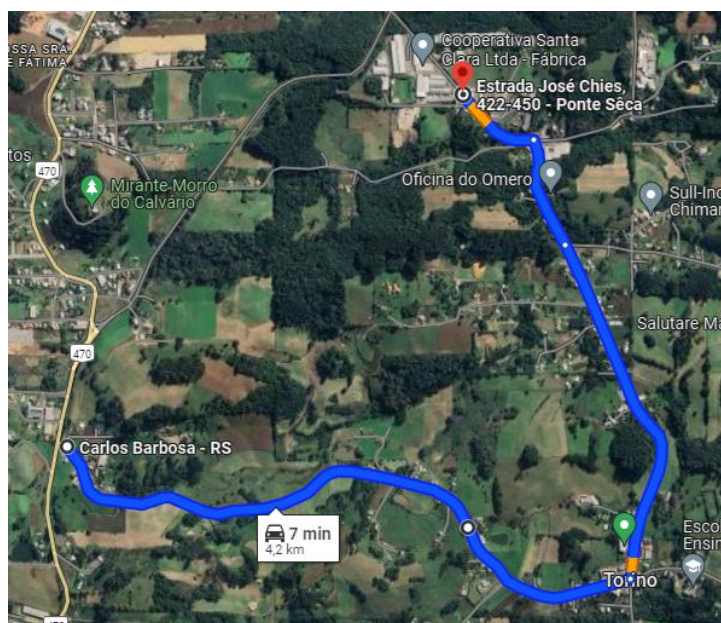


Foto 1 - Acesso da BR-470 ao frigorífico/laticínio

Deste modo, podemos classificar o tráfego futuro da via como **meio pesado**, conforme preconizado na Instrução para Dimensionamento de Pavimentos com blocos intertravados de concreto – IP 06/2004, da Prefeitura de São Paulo:

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

Figura 3 - Classificação das vias - IP-06/2004

6.2. DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO

O dimensionamento será realizado através do Método DNER, que leva em conta o trânsito (Número $N = 2 \times 10^6$) e a capacidade de suporte do subleito.

6.2.1. COEFICIENTES DE EQUIVALÊNCIA ESTRUTURAL

O coeficiente de equivalência estrutural é a razão do tipo de camada utilizada para uma unidade de espessura do material considerado. Na Figura 5 está demonstrado os valores do coeficiente K para cada material.

CAMADA DO PAVIMENTO	COEFICIENTE ESTRUTURAL (K)
Base ou Revestimento de Concreto Asfáltico	2,00
Base ou Revestimento de Concreto Magro/Compactado com Rolo	2,00
Base ou Revestimento de Pré-Misturado a Quente, de Graduação Densa / Binder	1,80
Base ou Revestimento de Pré-Misturado a Frio, de Graduação Densa	1,40
Base ou Revestimento Asfáltico por Penetração	1,20
Paralelepípedos	1,00
Base de Brita Graduada Simples, Macadame Hidráulico e Estabilizadas Granulometricamente	1,00
Sub-bases Granulares ou Estabilizadas com Aditivos	$\leq 1,00$
Reforço do Subleito	$\leq 1,00$
Base de Solo-Cimento ou BGTC, com resistência à compressão aos 7 dias, superior a 4,5 MPa	1,70
Base de BGTC, com resistência à compressão aos 7 dias, entre 2,8 e 4,5 MPa	1,40
Base de Solo-Cimento, com resistência à compressão aos 7 dias, menor que 2,8 e maior ou igual a 2,1 MPa	1,20
Base de Solo melhorado com Cimento, com resistência à compressão aos 7 dias, menor que 2,1 MPa	1,00

Figura 4 - Coeficientes de equivalência estrutural – IP-04/2004

6.2.2. CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

As características dos materiais por camadas devem ser as seguintes conforme tabela a seguir:

DESCRIÇÃO	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS
Revestimento	Concreto Asfáltico	Faixa C
		Faixa B
Base	Brita graduada	CBR \geq 80%
		Expansão \leq 0,50%
		LL \leq 25%; IP \leq 6%
		Equivalente de Areia \geq 50%
Sub-base	Rachão (caso necessário)	CBR \geq 20%
		IG = 0 (índice de grupo)
		Expansão \leq 1,0%
Reforço do Subleito	Cascalho	CBR maior que o do subleito
		Expansão \leq 1%
Subleito	Aterro com solo local	CBR \geq 2%
		Expansão \leq 2%

Tabela 16 - Características das camadas do pavimento

6.2.3. ESPESSURA DO REVESTIMENTO BETUMINOSO

A espessura do revestimento betuminoso é definida de acordo com o número N característico, respeitando-se a tabela indicada no Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis (DNER):

N	ESPESSURA MÍNIMA DE REVESTIMENTO BETUMINOSO
$N \leq 10^6$	Tratamento superficial betuminoso
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimento betuminoso com 5cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 5 \times 10^7$	Revestimento betuminoso com 7cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Revestimento betuminoso com 10cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Revestimento betuminoso com 12,5cm de espessura

Tabela 17 - Espessura do revestimento betuminoso

Deste modo, para o projeto em questão, define-se a espessura do revestimento asfáltico como a espessura mínima: **5cm**.

6.3. CÁLCULO

O próximo passo para dimensionamento do pavimento é definir as espessuras das camadas utilizando inequações pré-definidas no método, ilustradas na Figura 6. Os valores são obtidos através da leitura no ábaco da Figura 7, o qual determina a espessura de material que deve ser empregada.

Inequações para determinação das espessuras das camadas:

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

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

$$R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_S + h_n \times K_{Ref} \geq H_m$$

Onde,

R = Espessura do revestimento

K_R = Coeficiente estrutural do revestimento

B = Espessura da base

K_B = Coeficiente estrutural da base

H_{20} = Espessura de pavimento sobre a sub – base

h_{20} = Espessura da sub – base

K_S = Coeficiente estrutural da sub – base

H_n = Espessura sobre a camada de reforço

h_n = Espessura da camada de reforço do sub – leito

K_{Ref} = Coeficiente estrutural do reforço de subleito

H_m = Espessura sobre a camada de sub – leito

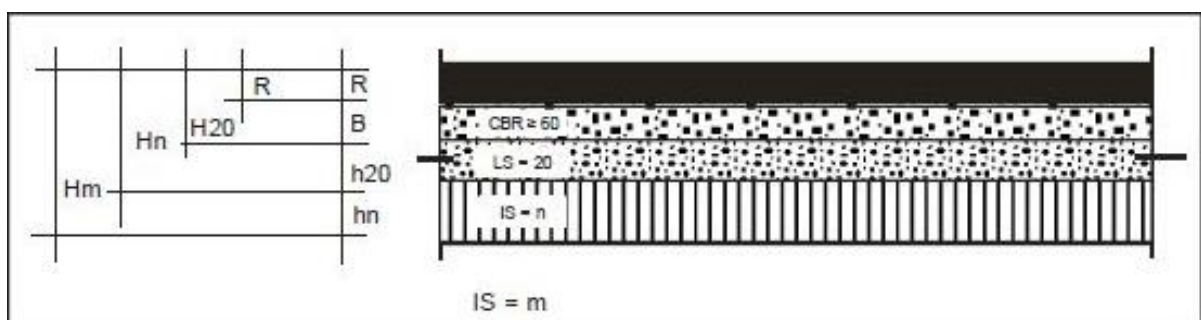


Figura 5 - Definição das espessuras das camadas

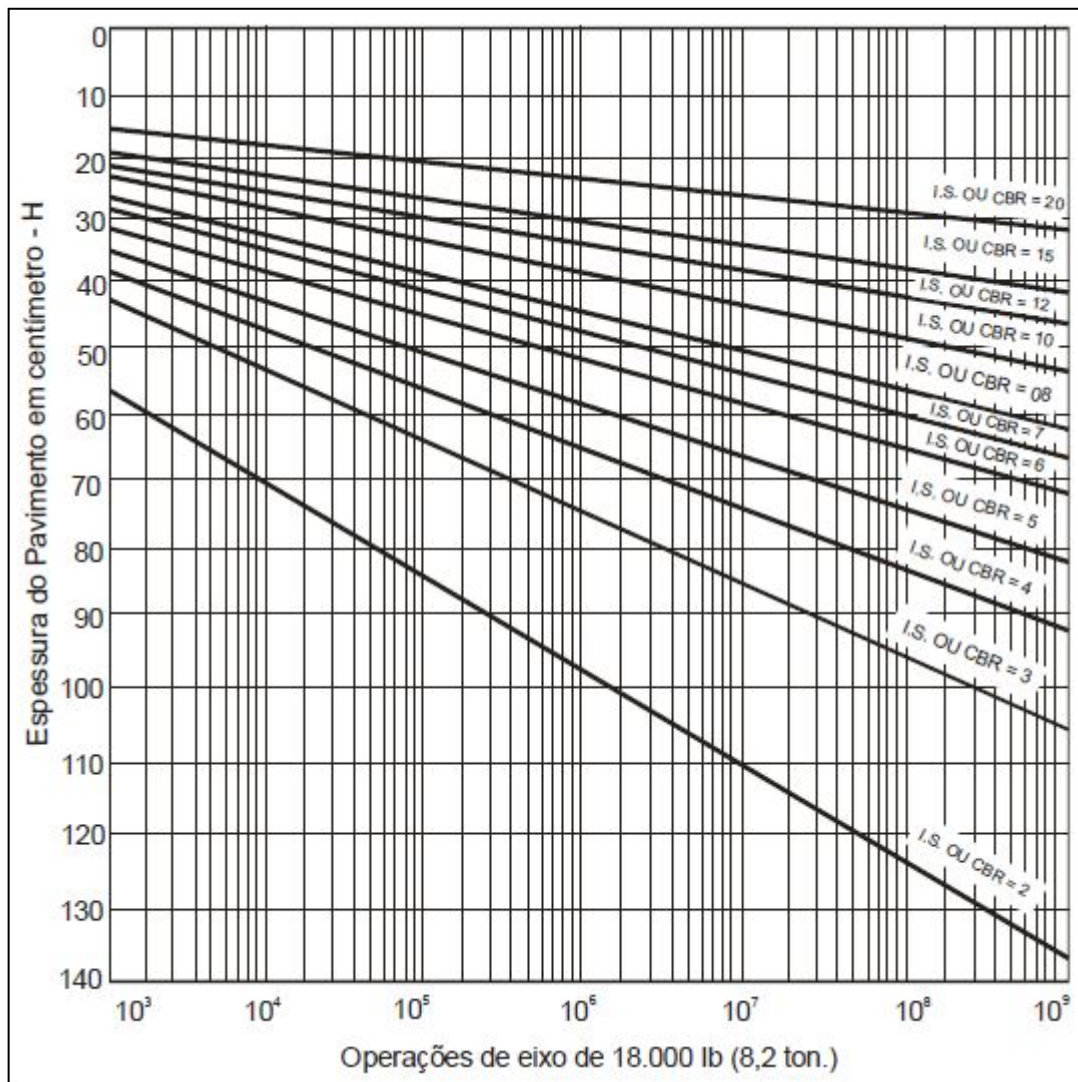


Figura 6 - Ábaco de dimensionamento (DNER)

Deste modo, com adoção dos seguintes critérios, temos:

$$N = 2 \times 10^6$$

$$CBR_{SUBLEITO} = 5\%$$

$$CBR_{REFORÇO} = 8\%$$

$$CBR_{SUB-BASE} = 30\%$$

$$CBR_{BASE} = 80\%$$

$$R = 5cm$$

Após leitura no ábaco, determinamos:

$$H_5 = 60m$$

$$H_8 = 46cm$$

$$H_{20} = 24cm$$

Assim, calcula-se a espessura da base:

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

$$5 \times 2,00 + B \times 1,00 \geq 24$$

$$B \geq 14,0cm$$

Como preconiza o manual de dimensionamento do Método DNER, a espessura mínima de camada granular deve ser 15cm, logo:

$$B_{ADOTADO} = 15cm$$

Agora, calcula-se a espessura de sub-base:

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

$$5 \times 2,00 + 15 \times 1 + h_{20} \times 1,00 \geq 46$$

$$h_{20} \geq 21,0cm$$

Como a espessura calculada foi maior que 20cm, faz-se necessária a execução em duas camadas. Entretanto, por questões práticas e de pouco impacto financeiro na obra, aumenta-se a camada de base em 1cm, garantindo, assim, que o macadame seco seja executado com 20cm (espessura máxima para 1 camada):

Portanto:

$$B_{ADOTADO} = 16cm$$

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

$$5 \times 2,00 + 16 \times 1 + h_{20} \times 1,00 \geq 46$$

$$h_{20} \geq 20,0cm$$

$$h_{20,ADOTADO} = 20cm$$

Por fim, calcula-se a espessura do reforço do subleito:

$$R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_S + h_n \times K_{Ref} \geq H_m$$

$$5 \times 2,00 + 16 \times 1,00 + 20 \times 1 + h_n \times 0,70 \geq 60$$

$$h_n \times 0,70 \geq 14,0cm$$

$$h_n \geq 20cm$$

$$h_{n,ADOTADO} = 20cm$$

PAVIMENTAÇÃO DA ESTRADA MUNICIPAL CELESTE MAFFASIOLI (CB-005)

Assim o pavimento a ser executado deverá ter a seguinte estrutura:

CBUQ:	5,00cm
BGS:	16,00cm
Macadame seco:	20,00cm
Reforço/regularização do SL:	20,00cm

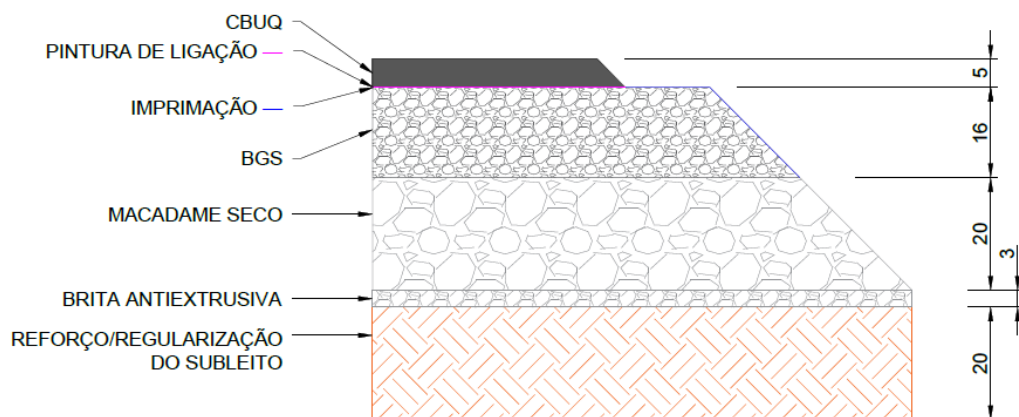


Figura 7 - Camadas do pavimento

6.4. LIBERAÇÃO POR CAMADA

Para liberação da execução da camada superior, deve-se realizar o controle tecnológico com a Viga Benkelman.

Deste modo, as seguintes deflexões características (controle estatístico) devem ser atendidas:

CAMADA	DEFLEXÃO DE CONTROLE (10^{-2} mm)	DEFLEXÃO MÁXIMA PONTO ISOLADO (10^{-2} mm)
CBUQ	< 75	90
BASE	< 90	108
SUB-BASE	< 115	138
REFORÇO/SUBLEITO	< 140	168

Tabela 18 - Deflexões para controle de qualidade

Caso não seja possível atingir as deflexões determinadas no projeto em campo, o projetista deve ser informado.

7. PROJETO DE SINALIZAÇÃO

O projeto de sinalização, que contempla a sinalização horizontal e vertical, foi elaborado seguindo o preconizado no Manual Brasileiro de Sinalização.

A sinalização horizontal é composta por linhas de eixo e de bordo, com largura de 12cm; as linhas de tracejadas possuem largura de 12cm e passo 1:1. as linhas de retenção e zebados possuem 40cm de largura. Todas as pinturas de sinalização deverão ser com tinta acrílica específica para sinalização horizontal, com microesferas de vidro (tinta retro refletiva).

A sinalização vertical compreende as placas de regulamentação e advertência, que deverão seguir as dimensões mínimas exigidas:

Circular: diâmetro 40cm;

Octogonal: lado 25cm;

Quadrado: 45cm.

Carlos Barbosa, 08 de abril de 2026.

Rodolfo Taufer

Engenheiro Civil
CREA/RS 251479