

**RELATÓRIO 96AG- 03**  
**APOIO ARQUITETURA E PROJETOS**  
**SÃO JOSÉ DAS PALMEIRAS - PR**

Setembro/2025



**consolotec.com.br**

**45 2035 2140**  
Carlos Barbosa, 236  
Jardim Gisele  
Toledo-PR

## Sumário

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>ENSAIOS REALIZADOS E NORMAS.....</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>ENSAIO DO ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA (CBR) - DNIT 172/2016 - ME .....</b>	<b>3</b>
3.1	LOCALIZAÇÃO DAS COLETAS.....	4
3.2	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS .....	6
<b>4.</b>	<b>REGISTRÓ FOTOGRÁFICO .....</b>	<b>13</b>
<b>5.</b>	<b>ESTUDO DE TRÁFEGO .....</b>	<b>14</b>
5.1	LOCAL DO POSTO DE CONTAGEM .....	17
<b>6.</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO .....</b>	<b>17</b>
6.1	ANÁLISE DOS MATERIAIS E DIMENSIONAMENTO.....	17
6.2	ESPECIFICAÇÃO DAS CAMADAS DO PAVIMENTO .....	20
6.3	SUB-LEITO .....	20
6.4	SUB-BASE.....	20
6.5	BASE.....	20
6.6	IMPRIMAÇÃO .....	20
6.7	PINTURA DE LIGAÇÃO.....	20
6.8	REVESTIMENTO BETUMINOSO - CBUQ.....	21
<b>7.</b>	<b>DETALHE EM PERFIL .....</b>	<b>22</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O presente relatório apresenta os parâmetros e resultados obtidos nos ensaios e dimensionamento do pavimento de São José das Palmeiras - PR, conforme mapa.

**CONTRATANTE:** Apoio Arquitetura e Projetos.

**LOCALIZAÇÃO DO ESTUDO:** São José das Palmeiras - PR

## 2. ENSAIOS REALIZADOS E NORMAS

Para a realização do dimensionamento foram observadas as normas vigentes do DNER/DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes:

- DNIT 172/2016 – ME – Solos – Determinação do Índice de suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas – Método de Ensaio;
- IPR 719- Manual de Pavimentação;
- DNIT IPR 723 – Manual de Estudos de Tráfego.

## 3. ENSAIO DO ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA (CBR) - DNIT 172/2016 - ME

Foram feitas as coletas de solo para a realização dos ensaios de CBR, e em laboratório as amostras de solo são passadas na peneira 4,8mm e secas ao ar. Em seguida são moldados os corpos de prova com energia de compactação normal e com diferentes teores de umidade para a determinação da massa específica aparente seca máxima. Estes corpos de prova são utilizados para os ensaios de expansão e penetração.

O ensaio de expansão consiste em deixar o corpo de prova submerso em água onde são medidas as variações de volume da amostra saturada durante quatro dias. Após os quatro dias, os corpos de prova são retirados da imersão e deixa-se escorrer a água por 15 minutos. Em seguida procede-se ao ensaio de penetração, que é realizado em prensa, aplicando uma carga de 45N e medindo a penetração do pistão no solo em

diferentes tempos. Estas leituras são utilizadas para o cálculo do Índice de Suporte California do solo.

A tabela resumo dos resultados dos ensaios de realizados são apresentados a seguir.

Amostra	Densidade Aparente Seca Máxima (g/cm <sup>3</sup> )	Umidade Ótima (%)	I.S.C. (%)	Expansão (%)
96AG007COL	1,428	32,2	8,0	0,4
96AG008COL	1,504	28,2	8,0	0,1
96AG009COL	1,505	28,1	8,5	0,3

### 3.1 Localização das Coletas

As coletas foram realizados conforme apresenta o mapa a seguir.



### 3.2 Apresentação dos resultados obtidos

Os resultados obtidos nos ensaios são demonstrados abaixo.

**ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA DE SOLOS**

**Dados**

Cliente:		Endereço do Cliente:		Energia:	
Apoio Arquitetura e Projetos Tecnicos LTDA		Rua Santo André,2171 - JD São Cristóvão		Normal	
Identificação da Obra:		Localização da Obra:		Data Coleta:	
Estudo de tráfego e ensaios de pavimentação - PR 457		São José das Palmeiras - PR		21/08/2025	
Nº da Amostra:	Material:	Localização da Coleta:	Téc. Laboratório:		Data Ensaio:
96AG007COL	Argila Vermelha	0	Pablo Henrique Damaceno		23/08/2025

**COMPACTAÇÃO**

Cilindro nº	9	23	6
Água Adicionada(ml)	375	475	575
Cilindro+Solo Úmido(g)	7.888,0	8.832,0	9.378,0
Peso do Cilindro(g)	4.068	4.900	5.748
Peso do Solo Úmido(g)	3.820	3.932	3.630
Volume do Cilindro(cm³)	2.083	2.085	2.077
Dens. Apar. Úmida(g/cm³)	1,834	1,886	1,748

**DETERMINAÇÃO DA UMIDADE HIGROSCÓPICA**

Cápsula nº	Cápsula +Solo Úmido	Cápsula +Solo Seco	Peso da cápsula	Higro
88	96,66	81,83	18,48	23,40
73	98,36	83,05	17,95	23,50

**DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DE CADA PONTO DE COMPACTAÇÃO**

Umidade Adotada(%)	30,95	32,95	34,95
Dens. Apar. Seca(g/cm³)	1,400	1,418	1,295

**EXPANSÃO**

Extensômetro nº	38		32		3		
Data	Hora	Leitura (mm)	Expansão (%)	Leitura (mm)	Expansão (%)	Leitura (mm)	Expansão (%)
23/08/25	0h	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00
24/08/25	24h						
25/08/25	48h						
26/08/25	72h						
27/08/25	96h	2,59	1,40	1,08	0,07	1,00	0,00

**PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVAS**

Prensa CBR:	Constante do Anel		0,0830					
tempo	penetração	Leitura	pressão	Leitura	pressão	Leitura	pressão	
min	(mm)	(0,001mm)	(kgf/cm²)	(0,001mm)	(kgf/cm²)	(0,001mm)	(kgf/cm²)	
0,5	0,64	11	0,9	19	1,6	16	1,3	
1	1,27	24	2,0	28	2,3	35	2,9	
1,5	1,91	32	2,7	54	4,5	46	3,8	
2	2,54	37	3,1	68	5,6	52	4,3	
3	3,81	44	3,6	82	6,8	60	5,0	
4	5,08	50	4,1	97	8,0	67	5,6	
6	7,62	60	5,0	110	9,1	80	6,6	
8	10,16							
10	12,70							
ÍNDICE SUPORTE CALIFÓRNIA	Carga Corrigida	ISC (%)	Carga Corrigida	ISC (%)	Carga Corrigida	ISC (%)	ISC (%)	
I.S.C. 0,1"	3,1	4,4	6,2	8,8	4,4	6,2	6,2	
I.S.C. 0,2"	4,2	4,0	8,3	7,9	5,6	5,3	5,3	

**DENS. SECA MÁX. (g/cm³)= 1,428      UMID. ÓTIMA(%)= 32,2      I.S.C.(%)= 8,0      EXPANSÃO(%)= 0,4**

Revisão: PLAN.13 - 00 - 04/07/2022

Observações:

Prensa CBR - PSM 5000 - Certificado de Calibração: 0186/23  
 Balança AD3300 - Certificado de Calibração: 1M00177/24  
 Estufa - Q317M-52 - Certificado de Calibração: 1T00012/22  
 Extensômetro - Ns 210888 - Certificado de Calibração: -  
 Extensômetro - Ns 210337 - Certificado de Calibração: -  
 Extensômetro - Ns 6022 - Kingtools - Certificado de Calibração: S046862/2022  
 SOQ - 01 - Soquete CBR

Procedimento: Norma DNIT 172/2016 ME - Solos - Determinação do Índice de Suporte Califórnia.

Amostragem: NORMA DNIT 108/2006 - ES - Terraplanagem - Aterros

Contratação: Resultado do ensaio é referente apenas a amostras ensaiada

Declaração: Relatório só deve ser reproduzido por inteiro e com aprovação do cliente.

Eng. Civil - Fernando Guth

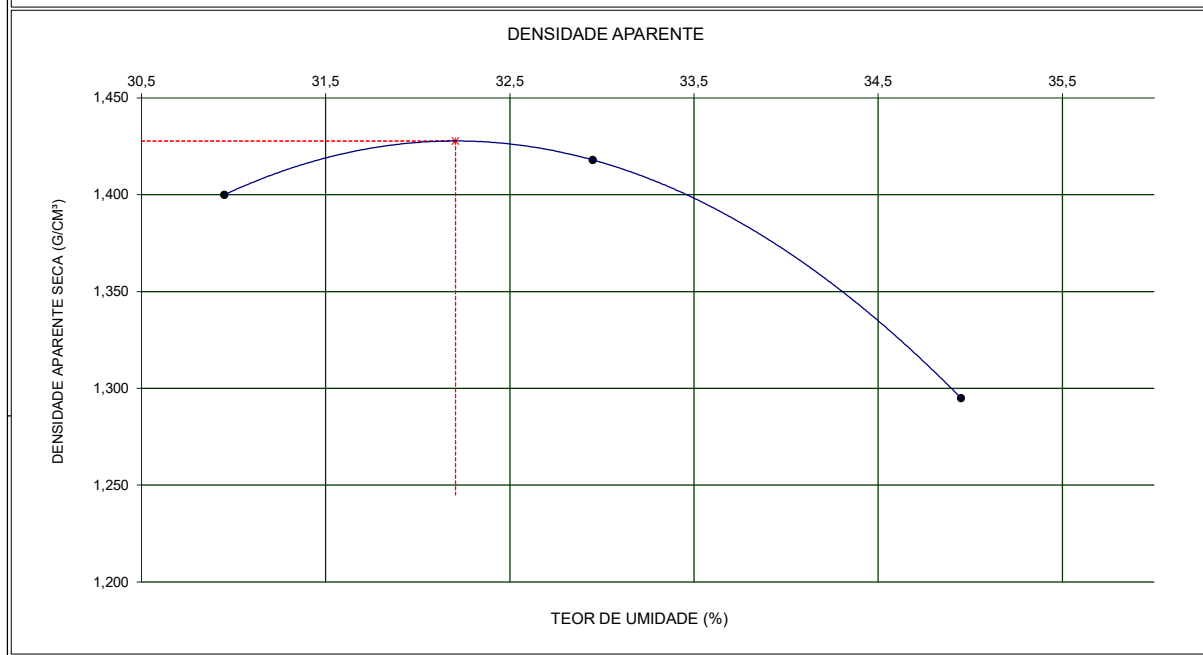
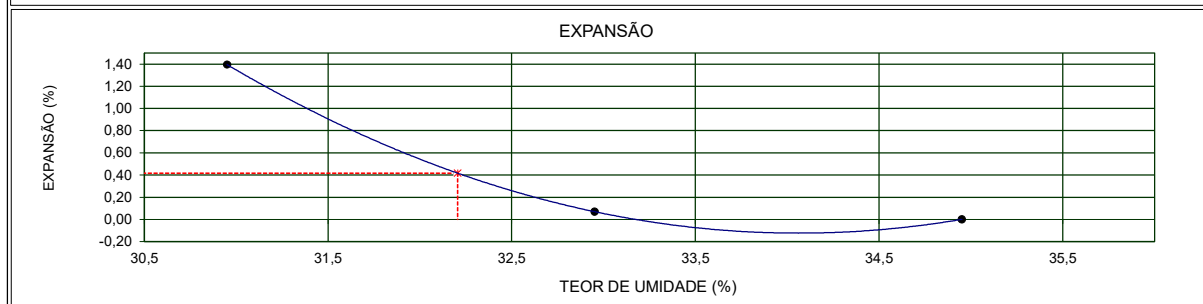
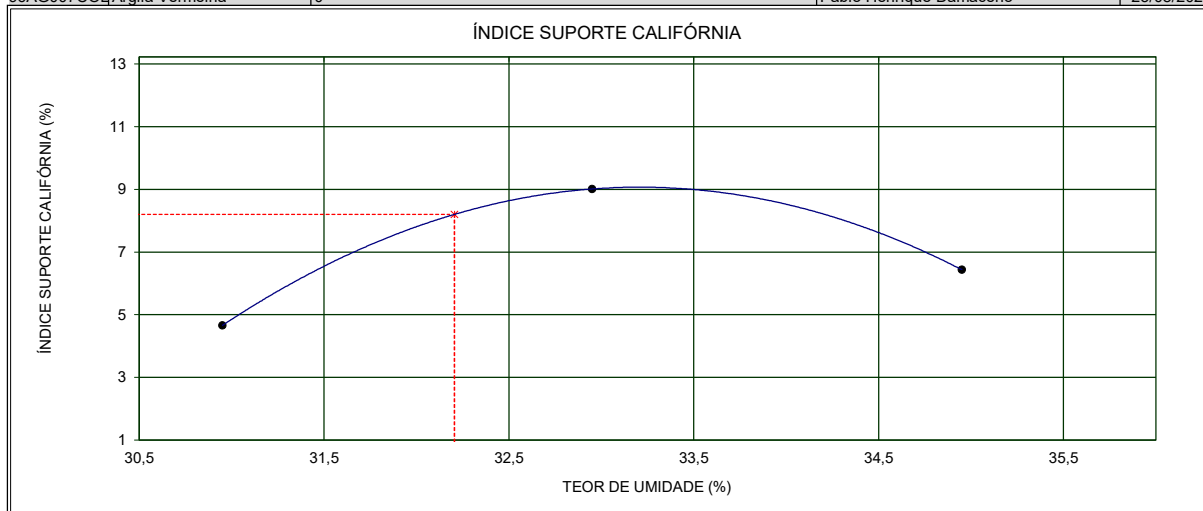
CREA - PR - 151025/D

Data de emissão: 03-09-2025

**ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA DE SOLOS**

**Dados**

Cliente:		Endereço do Cliente:		Energia:
Apoio Arquitetura e Projetos Tecnicos LTDA		Rua Santo André, 2171 - JD São Cristóvão		Normal
Identificação da Obra:		Localização da Obra:		Data Coleta:
Estudo de tráfego e ensaios de pavimentação - PR 457		São José das Palmeiras - PR		21/08/2025
Nº da Amostra:	Material:	Localização da Coleta:	Téc. Laboratório:	Data Ensaio:
96AG007COL	Argila Vermelha	0	Pablo Henrique Damaceno	23/08/2025



**ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA DE SOLOS**

**Dados**

Cliente:		Endereço do Cliente:		Energia:	
Apoio Arquitetura e Projetos Tecnicos LTDA		Rua Santo André, 2171 - JD São Cristóvão		Normal	
Identificação da Obra:		Localização da Obra:		Data Coleta:	
Estudo de tráfego e ensaios de pavimentação - PR 457		São José das Palmeiras - PR		21/08/2025	
Nº da Amostra:	Material:	Localização da Coleta:	Téc. Laboratório:	Data Ensaio:	
96AG008COL	Argila Vermelha	0	Allan Junior Meireles dos Santos	23/08/2025	

**COMPACTAÇÃO**

Cilindro nº	7	8	31
Água Adicionada(ml)	100	175	250
Cilindro+Solo Úmido(g)	8.739,0	8.953,0	8.830,0
Peso do Cilindro(g)	4.910	4.948	4.876
Peso do Solo Úmido(g)	3.829	4.005	3.954
Volume do Cilindro(cm³)	2.080	2.079	2.081
Dens. Apar. Úmida(g/cm³)	1,841	1,926	1,900

**DETERMINAÇÃO DA UMIDADE HIGROSCÓPICA**

Cápsula nº	Cápsula +Solo Úmido	Cápsula +Solo Seco	Peso da cápsula	Higro
71	115,71	96,11	16,34	24,60
58	102,03	85,38	17,74	24,60

**DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DE CADA PONTO DE COMPACTAÇÃO**

Umidade Adotada(%)	26,60	28,10	29,60
Dens. Apar. Seca(g/cm³)	1,454	1,504	1,466

**EXPANSÃO**

Extensômetro nº	18			11		23	
	Data	Hora	Leitura (mm)	Expansão (%)	Leitura (mm)	Expansão (%)	Leitura (mm)
23/08/25	0h	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00
24/08/25	24h						
25/08/25	48h						
26/08/25	72h						
27/08/25	96h	1,49	0,43	1,17	0,15	0,85	-0,13

**PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVAS**

Prensa CBR:		Constante do Anel		0,0830			
tempo min	penetração (mm)	Leitura (0,001mm)	pressão (kgf/cm²)	Leitura (0,001mm)	pressão (kgf/cm²)	Leitura (0,001mm)	pressão (kgf/cm²)
0,5	0,64	6	0,5	12	1,0	5	0,4
1	1,27	12	1,0	25	2,1	11	0,9
1,5	1,91	24	2,0	58	4,8	24	2,0
2	2,54	30	2,5	61	5,1	27	2,2
3	3,81	36	3,0	73	6,1	32	2,7
4	5,08	42	3,5	92	7,6	39	3,2
6	7,62	47	3,9	115	9,5	46	3,8
8	10,16						
10	12,70						
ÍNDICE SUPORTE CALIFÓRNIA		Carga Corrigida	ISC (%)	Carga Corrigida	ISC (%)	Carga Corrigida	ISC (%)
I.S.C. 0,1"		2,7	3,9	5,7	8,1	2,5	3,5
I.S.C. 0,2"		3,6	3,4	8,2	7,8	3,4	3,2

**DENS. SECA MÁX. (g/cm³)= 1,504      UMID. ÓTIMA(%)= 28,2      I.S.C.(%)= 8,0      EXPANSÃO(%)= 0,1**

Revisão: PLAN.13 - 00 - 04/07/2022

Observações:

Prensa CBR - PSM 5000 - Certificado de Calibração: 0186/23  
 Balança AD3300 - Certificado de Calibração: 1M00177/24  
 Estufa - Q317M-52 - Certificado de Calibração: 1T00012/22  
 Extensômetro - Ns 94296 - Kingtools - Certificado de Calibração: S046860/2022  
 Extensômetro - Ns 53445 - Certificado de Calibração: S046884/2022  
 Extensômetro - Ns 53056 - Certificado de Calibração: S046861/2022  
 SOQ - 01 - Soquete CBR

Procedimento: Norma DNIT 172/2016 ME - Solos - Determinação do Índice de Suporte Califórnia.

Amostragem: NORMA DNIT 108/2006 - ES - Terraplanagem - Aterros

Contratação: Resultado do ensaio é referente apenas a amostras ensaiada

Declaração: Relatório só deve ser reproduzido por inteiro e com aprovação do cliente.

Eng. Civil - Fernando Guth

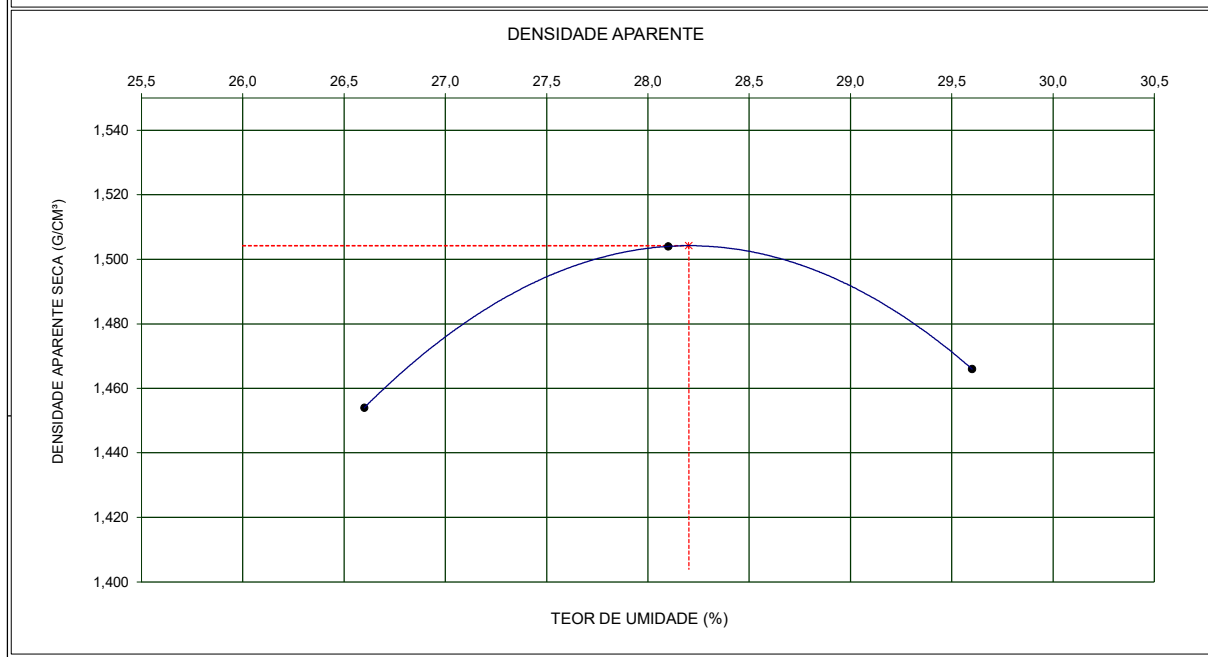
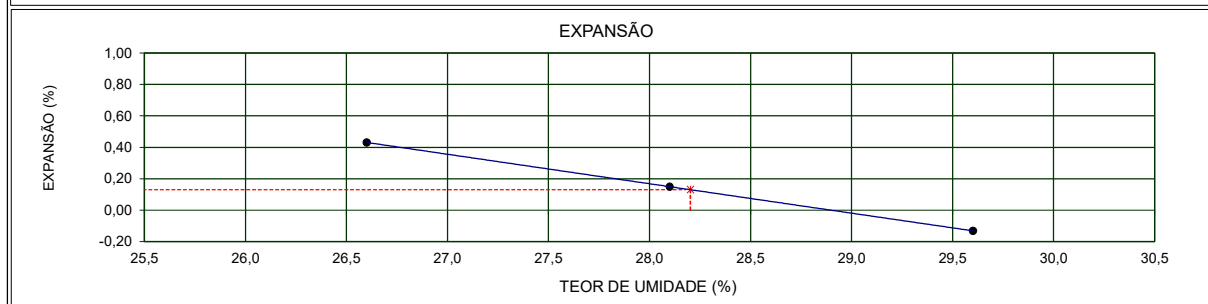
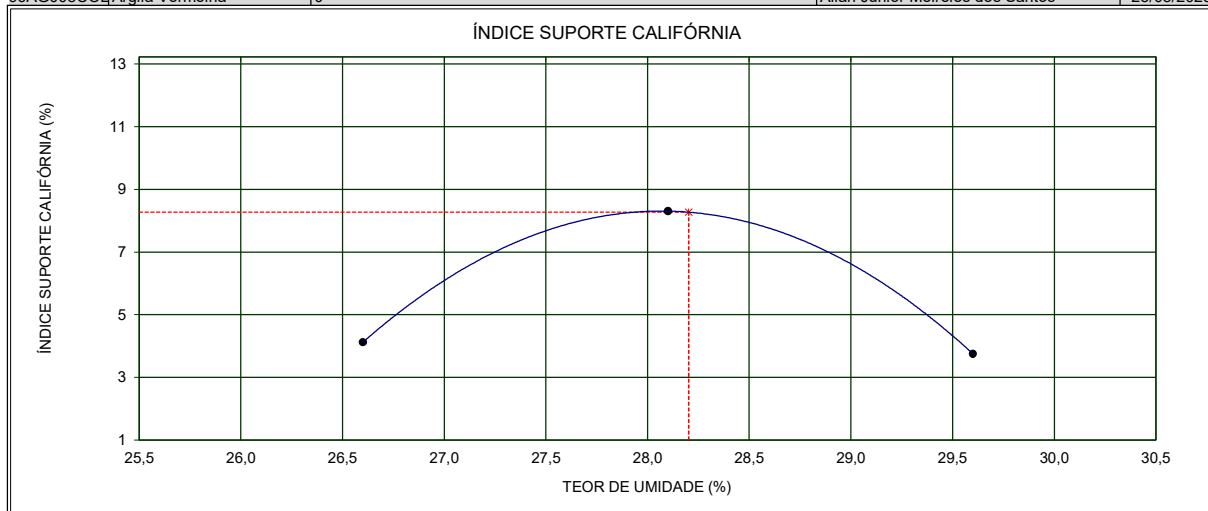
CREA - PR - 151025/D

Data de emissão: 03-09-2025

**ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA DE SOLOS**

**Dados**

Cliente:		Endereço do Cliente:		Energia:
Apoio Arquitetura e Projetos Tecnicos LTDA		Rua Santo André, 2171 - JD São Cristóvão		Normal
Identificação da Obra:		Localização da Obra:		Data Coleta:
Estudo de tráfego e ensaios de pavimentação - PR 457		São José das Palmeiras - PR		21/08/2025
Nº da Amostra:	Material:	Localização da Coleta:	Téc. Laboratório:	Data Ensaio:
96AG008COL	Argila Vermelha	0	Allan Junior Meireles dos Santos	23/08/2025



**ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA DE SOLOS**

**Dados**

Cliente:		Endereço do Cliente:		Energia:	
Apoio Arquitetura e Projetos Tecnicos LTDA		Rua Santo André, 2171 - JD São Cristóvão		Normal	
Identificação da Obra:		Localização da Obra:		Data Coleta:	
Estudo de tráfego e ensaios de pavimentação - PR 457		São José das Palmeiras - PR		21/08/2025	
Nº da Amostra:	Material:	Localização da Coleta:	Téc. Laboratório:		Data Ensaio:
96AG007COL	Argila Vermelha	0	Allan Junior Meireles dos Santos		23/08/2025

**COMPACTAÇÃO**

Cilindro nº	31	29	27
Água Adicionada(ml)	275	375	475
Cilindro+Solo Úmido(g)	8.822,0	9.004,0	9.034,0
Peso do Cilindro(g)	4.876	4.972	5.046
Peso do Solo Úmido(g)	3.946	4.032	3.988
Volume do Cilindro(cm³)	2.081	2.084	2.082
Dens. Apar. Úmida(g/cm³)	1,896	1,935	1,915

**DETERMINAÇÃO DA UMIDADE HIGROSCÓPICA**

Cápsula nº	Cápsula +Solo Úmido	Cápsula +Solo Seco	Peso da cápsula	Higro
19	106,13	90,78	18,67	21,30
27	100,16	85,46	16,34	21,30

**DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DE CADA PONTO DE COMPACTAÇÃO**

Umidade Adotada(%)	26,80	28,80	30,80
Dens. Apar. Seca(g/cm³)	1,495	1,502	1,464

**EXPANSÃO**

Extensômetro nº	28		27		35		
Data	Hora	Leitura (mm)	Expansão (%)	Leitura (mm)	Expansão (%)	Leitura (mm)	Expansão (%)
23/08/25	0h	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00
24/08/25	24h						
25/08/25	48h						
26/08/25	72h						
27/08/25	96h	1,79	0,69	1,15	0,13	1,00	0,00

**PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVAS**

Prensa CBR:	Constante do Anel		0,0830					
tempo	penetração	Leitura	pressão	Leitura	pressão	Leitura	pressão	
min	(mm)	(0,001mm)	(kgf/cm²)	(0,001mm)	(kgf/cm²)	(0,001mm)	(kgf/cm²)	
0,5	0,64	36	3,0	15	1,2	5	0,4	
1	1,27	59	4,9	34	2,8	12	1,0	
1,5	1,91	69	5,7	51	4,2	17	1,4	
2	2,54	77	6,4	62	5,1	23	1,9	
3	3,81	88	7,3	87	7,2	32	2,7	
4	5,08	98	8,1	95	7,9	38	3,2	
6	7,62	108	9,0	102	8,5	48	4,0	
8	10,16							
10	12,70							
ÍNDICE SUPORTE CALIFÓRNIA	Carga Corrigida	ISC (%)	Carga Corrigida	ISC (%)	Carga Corrigida	ISC (%)	ISC (%)	
I.S.C. 0,1"	6,4	9,1	5,4	7,6	2,0	2,9		
I.S.C. 0,2"	8,1	7,7	7,9	7,5	3,2	3,0		

**DENS. SECA MÁX. (g/cm³)= 1,505      UMID. ÓTIMA(%)= 28,1      I.S.C.(%)= 8,5      EXPANSÃO(%)= 0,3**

Revisão: PLAN.13 - 00 - 04/07/2022

Observações:

Prensa CBR - PSM 5000 - Certificado de Calibração: 0186/23  
 Balança AD3300 - Certificado de Calibração: 1M00177/24  
 Estufa - Q317M-52 - Certificado de Calibração: 1T00012/22  
 Extensômetro - Ns 8882 - Kingtools - Certificado de Calibração: S046859/2022  
 Extensômetro - Ns 4312018 - Digimess - Certificado de Calibração: S046875/2022  
 Extensômetro - Ns 208623 - Certificado de Calibração: -  
 SOQ - 01 - Soquete CBR

Procedimento: Norma DNIT 172/2016 ME - Solos - Determinação do Índice de Suporte Califórnia.

Amostragem: NORMA DNIT 108/2006 - ES - Terraplanagem - Aterros

Contratação: Resultado do ensaio é referente apenas a amostras ensaiada

Declaração: Relatório só deve ser reproduzido por inteiro e com aprovação do cliente.

Eng. Civil - Fernando Guth

CREA - PR - 151025/D

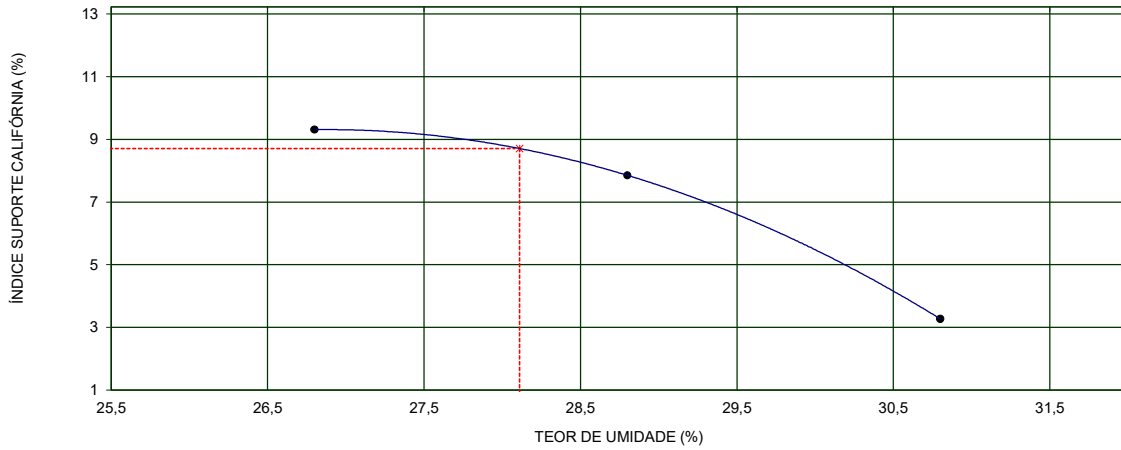
Data de emissão: 03-09-2025

ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA DE SOLOS

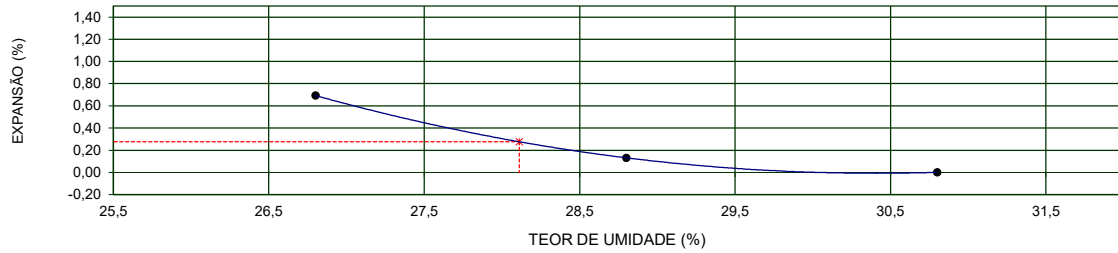
Dados

Cliente:		Endereço do Cliente:		Energia:
Apoio Arquitetura e Projetos Tecnicos LTDA		Rua Santo André, 2171 - JD São Cristóvão		Normal
Identificação da Obra:		Localização da Obra:		Data Coleta:
Estudo de tráfego e ensaios de pavimentação - PR 457		São José das Palmeiras - PR		21/08/2025
Nº da Amostra:	Material:	Localização da Coleta:	Téc. Laboratório:	Data Ensaio:
96AG007COL	Argila Vermelha	0	Allan Junior Meireles dos Santos	23/08/2025

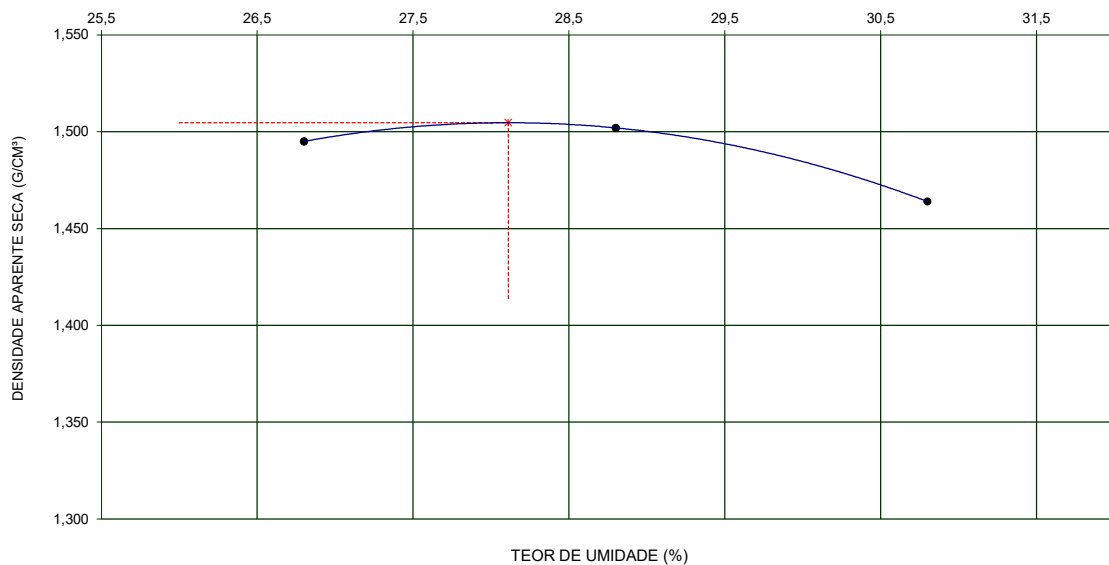
ÍNDICE SUPORTE CALIFÓRNIA



EXPANSÃO



DENSIDADE APARENTE



#### 4. REGISTRÓ FOTOGRÁFICO



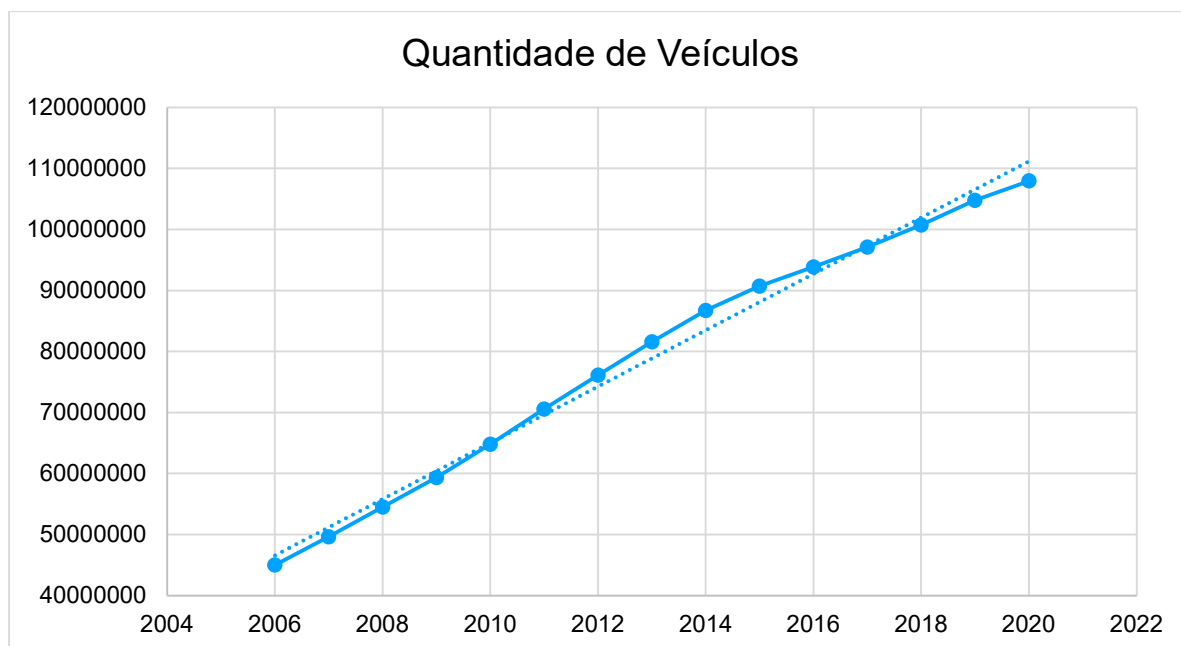
## 5. ESTUDO DE TRÁFEGO

O estudo de tráfego é feito a fim de obter-se a quantidade de veículos que trafegam em determinado trecho possibilitando assim o cálculo do número N, necessário para o dimensionamento do pavimento.

A contagem foi realizada entre as 7:00 e 19:00 horas, utilizando o método de contagem manual por meio de fichas de contagem.

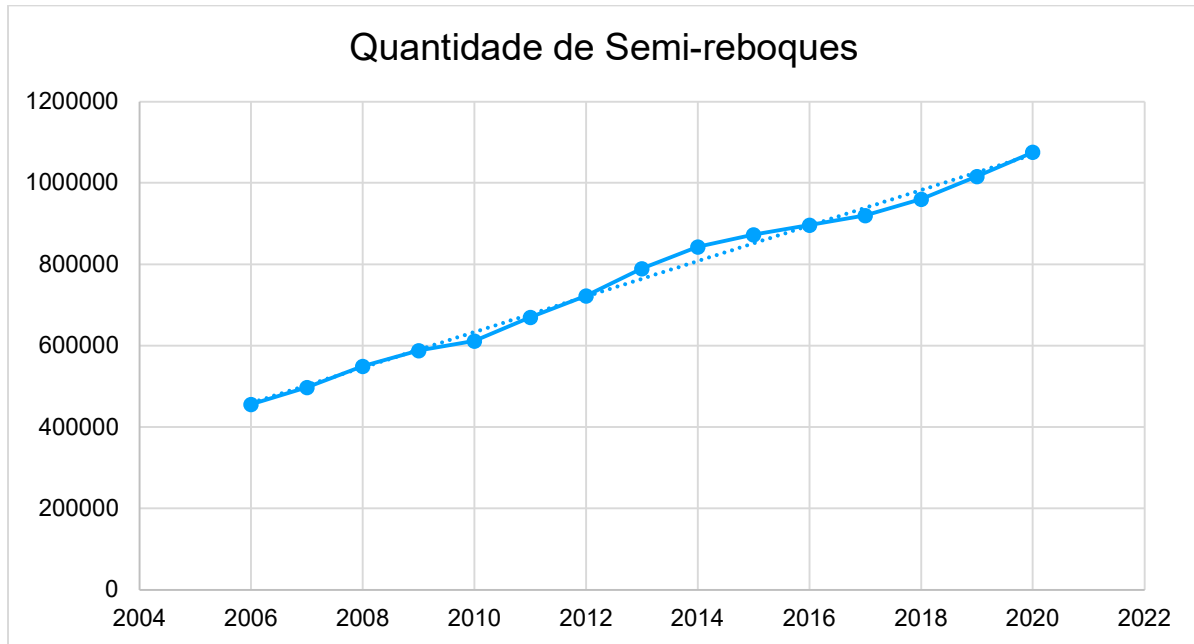
Com base nas informações obtidas no site do IBGE, e sabendo que o DNIT admite taxas máximas de 4% para projeto de rodovias que irão atender áreas de expansão agrícola e 3% para as demais rodovias, serão utilizadas taxas de crescimento admitindo-se que está se manterá similar à taxa histórica dos últimos anos.

Para fins de comparação foram utilizados os dados do crescimento da frota de veículos do Brasil, por se tratar de uma região que recebe parte representativa da produção de toda a região, estatisticamente aproximando-se da média nacional de crescimento. Para os veículos (todas as categorias) foi observado uma redução na taxa de crescimento ao longo dos anos. Nos últimos 5 anos obtemos uma taxa de crescimento de 3,55%.



Fonte: IBGE.

Já os semi-reboques, veículos mais representativos para a determinação do número N, apresentam uma taxa de crescimento mais elevada, chegando a 4,26% nos últimos 5 anos.



Fonte: IBGE.

A taxa de crescimento adotada para a via em estudo foi de 3,5% ao ano. A partir deste dado, faz-se possível a determinação do número de repetições do eixo padrão de 8,2 toneladas (Número N). Este cálculo é feito conforme o IPR – 706, utilizando a fórmula apresentada abaixo:

$$N_a = \sum_{i=1}^{i=k} V_{ia} \cdot FV_i \cdot 365 \cdot c$$

Onde:

i – categoria do veículo

Via – Volume de veículos da categoria i, durante o ano a do período de projeto

C – percentual de veículos comerciais na faixa de projeto (50% - 2 faixas)

FVi – Fator de veículo da categoria i

Os veículos foram classificados conforme a classificação adotada pelo DNIT, e para o cálculo dos fatores de veículo o carregamento da frota foi feito com base nos pesos máximos por eixo estabelecidos pelo CONTRAN (Conselho Nacional de Trânsito), com tolerância de 10%.

Os fatores de equivalência de carga foram calculados através do método desenvolvido pelo USACE (Corpo de Engenheiros do Exército Norte Americano), conforme demonstrado no quadro abaixo.

Tipos de eixo	Faixas de Cargas (t)	Equações (P em tf)
Dianteiro simples e traseiro simples	0 – 8	$FC = 2,0782 \times 10^{-4} \times P^{4,0175}$
	$\geq 8$	$FC = 1,8320 \times 10^{-6} \times P^{6,2542}$
Tandem duplo	0 – 11	$FC = 1,5920 \times 10^{-4} \times P^{3,472}$
	$\geq 11$	$FC = 1,5280 \times 10^{-6} \times P^{5,484}$
Tandem triplo	0 – 18	$FC = 8,0359 \times 10^{-5} \times P^{3,3549}$
	$\geq 18$	$FC = 1,3229 \times 10^{-7} \times P^{5,5789}$

P = peso bruto total sobre o eixo

Fonte : IPR – 706.

O número N obtido é mostrado abaixo.

Posto de Contagem	Número N
1	$7,46 \times 10^5$

O cálculo do Número N, na íntegra, para os 10 anos de projeto está detalhado em anexo.

## 5.1 Local do posto de contagem



## 6. DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO

O dimensionamento a seguir foi realizado conforme o DNIT IPR – 719.

### 6.1 Análise dos materiais e dimensionamento

De acordo com a disponibilidade na região podem ser utilizados os seguintes materiais:

- Revestimento em CBUQ.
- Base em Brita em Graduada Simples.
- Sub-base em Macadame Seco.
- Reforço do Subleito – compactação a 100% P.N.

Cada um destes materiais apresenta um coeficiente de equivalência estrutural, conforme apresentado no quadro abaixo.

<b>Componentes do pavimento</b>	<b>Coefficiente K</b>
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
<b>Camadas granulares</b>	<b>1,00</b>
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: IPR – 719

Para dimensionamento de cada uma das camadas do pavimento é utilizada a seguinte equação:

$$R K_r + B K_b > H_m$$

Onde:

R = espessura real da camada de rolamento

B = espessura real da camada de base

K<sub>r</sub> = coeficiente estrutural da camada de rolamento

K<sub>b</sub> = coeficiente estrutural da camada de base

H<sub>m</sub> = espessura estrutural do pavimento necessária acima do subleito

A espessura estrutural do pavimento necessária acima do subleito (H<sub>m</sub>) é obtida através do ábaco constante na página 149 do IPR - 719, e depende diretamente do valor do CBR da camada de subleito (considerado para dimensionamento como a média dos

resultados obtidos nos ensaios – 8,0%) e do número de repetições do eixo padrão (número  $N = 7,46 \times 10^5$ ). Dessa forma, temos  $H_m = 42,98\text{cm}$ .

A partir da obtenção do  $H_m$ , de acordo com a tabela de espessuras mínimas de revestimento apresentada no DNIT – IPR 719, a empresa Consolotec sugere fixar o valor de 4cm de espessura do revestimento betuminoso (CBUQ com  $K_r = 2$ ).

**Tabela 32 - Espessura mínima de revestimento betuminoso**

<b>N</b>	<b>Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso</b>
$N \leq 10^6$	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: IPR – 719

Em seguida obtemos a espessura mínima da camada de base, a partir da fórmula demonstrada acima,  $B = 15\text{cm}$  e  $SB=20\text{cm}$ .

Com estas dimensões foi elaborado um quadro resumo final da sugestão de dimensionamento proposta, contendo as informações de cada uma das camadas que compõe o pavimento, mostrado a seguir:

<b>Espessura das camadas do pavimento (cm)</b>						
<b>Função</b>	<b>CBR</b>	<b>Sub-leito de Solo 100% compactação</b>	<b>Sub-Base – Macadame Seco</b>	<b>Base de Solo cimento (21 a 28kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>CBUQ</b>	<b>Faixa</b>
VIA RURAL – TRÁFEGO MÉDIO	8%	20	20	15	4	D/DER-PR

---

## 6.2 Especificação das Camadas do Pavimento

### 6.3 Sub-leito

Após a realização dos cortes e aterros necessários o subleito deverá ser compactado em uma camada de 20cm para atingir 100% de compactação do Proctor Normal, de acordo com a NORMA DER/PR ES-PA 01/23 PAVIMENTAÇÃO: REGULARIZAÇÃO DO SUBLEITO.

### 6.4 Sub-base

Após a realização da compactação do subleito a sub-base deverá ser executada em com 20cm de Macadame Seco, obedecendo a sistemática da Norma DER/PR ES-P 03/05 – Pavimentação: Macadame Seco.

### 6.5 Base

A camada de base será executada com 15cm de Brita Graduada Simples, obedecendo a sistemática da NORMA DER 05/23 – Pavimentação: Brita Graduada.

### 6.6 Imprimação

A Imprimação consiste na aplicação de material asfáltico sobre a superfície da base concluída, antes da execução do revestimento asfáltico, objetivando conferir coesão superficial e impermeabilização, evitando a perda de água, responsável pela cura da base. Deverá ser utilizado a Emulsão EAI, aplicando o ligante asfáltico de acordo com a NORMA DER/PR ES-PA 17/23 PAVIMENTAÇÃO: PINTURAS ASFÁLTICAS. Porém conforme solicitado pelo Paraná Cidade, foi alterada a especificação de projeto de Emulsão EAI para RR-1C para a camada de imprimação.

### 6.7 Pintura de ligação

---

A pintura de ligação é aplicada sobre a base do pavimento, após devida limpeza da pista, objetivando promover condições de aderência entre a base revestimento asfáltico. Deverá ser utilizado o RR-1C, aplicando de acordo com a NORMA DER/PR ES-PA 17/23 PAVIMENTAÇÃO: PINTURAS ASFÁLTICAS.

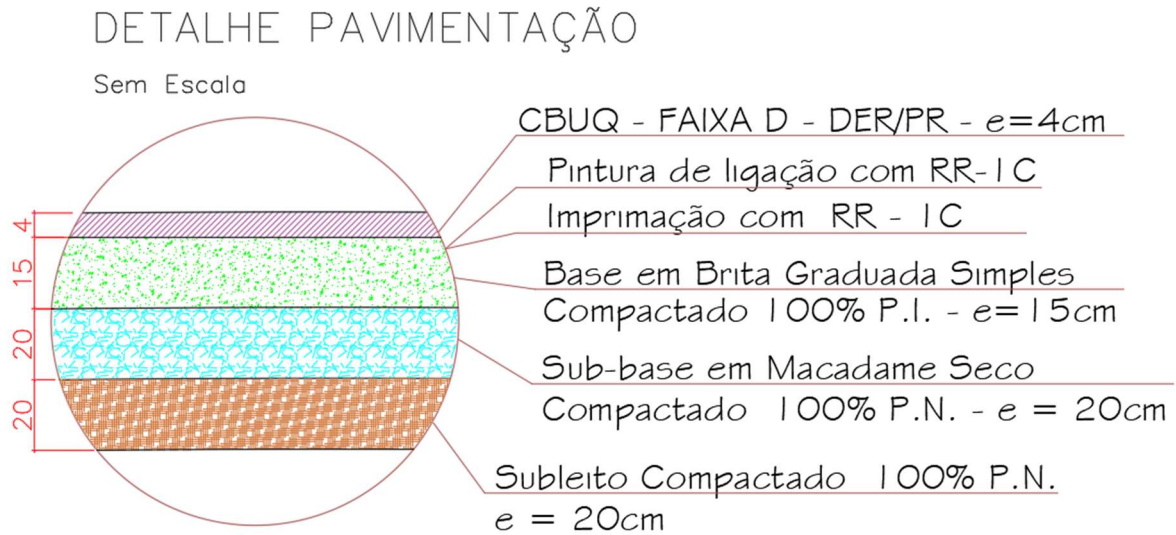
#### 6.8 Revestimento Betuminoso - CBUQ

A camada de revestimento betuminoso a ser aplicada nas ruas, deverá ser executada em uma camada de 4cm – com CBUQ Faixa D - DER/PR.

O projeto de CBUQ deverá ser apresentado pela empresa responsável pela usinagem a ser executado de acordo com a NORMA DER/PR ES-PA 21/23 PAVIMENTAÇÃO: CONCRETO ASFÁLTICO, USINADO À QUENTE, obedecendo aos critérios no que diz respeito às características dos materiais empregados na composição da mistura asfáltica e na execução do serviço.

## 7. DETALHE EM PERFIL

A seguir é apresentado um detalhe em perfil de todas as camadas que compõe o pavimento proposto pela Consolotec.



Toledo, 03 de setembro de 2025.



Eng. Civil Fernando Guth  
CREA-PR 151.025/D

Anexo A  
Cálculo do Número N

## MEMORIAL DE CÁLCULO NÚMERO N

### Fatores de veículo por categoria

#### Autos, caminhonetes

Volume médio diário anual	Autos	Camionetas	Ônibus 2C	
		333	0	8
% do tráfego total	83,33%	0,00%	0,00%	
P (Carga por eixo - Carga máxima permitida Resolução nº 12 contran)			E1	E2
			6,6	11
Tipo de eixo	-	-	Simplex	Simplex
FEC (P/ Carga máxima) (USACE)			0,408	5,970
FV categoria			6,378	

Volume médio diário anual	Ônibus 3C		Caminhão 2C		Caminhão 3C		Motocicletas
		0		28		8	
% do tráfego total	0,00%		7,43%		2,12%		0,00%
P (Carga por eixo - Carga máxima permitida Resolução nº 12 contran)	E1	E2E3	E1	E2	E1	E2E3	
	6,6	14,85	6,6	11	6,6	18,70	
Tipo de eixo	Simplex	Tandem Duplo	Simplex	Tandem Duplo	Simplex	Tandem Duplo	-
FEC (P/ Carga máxima) (USACE)	0,408	4,073	0,408	5,970	0,408	14,418	
FV categoria	4,480		6,378		14,825		

### Cálculo do Número N

Número de faixas		2	
Período de projeto (anos)		10	
Percentual na faixa de projeto (pista simples)		0,5	
<b>N (para o primeiro ano de projeto)</b>		<b>6,35E+05</b>	
Ano	N		Taxa de crescimento
	2025	6,35E+04	3,50%
	2026	6,58E+04	3,50%
	2027	6,81E+04	3,50%
	2028	7,05E+04	3,50%
	2029	7,29E+04	3,50%
	2030	7,55E+04	3,50%
	2031	7,81E+04	3,50%
	2032	8,09E+04	3,50%
	2033	8,37E+04	3,50%
	2034	8,66E+04	3,50%
Número N		7,46E+05	