

**Etapa III – Projetos Executivos**  
**PRODUTO 15 (P15) – RELATÓRIO FINAL**  
**ETAPA 01**  
**VOLUME 01 – TOMO III – MEMÓRIA DE CÁLCULO**



Contrato nº 389/2020

**Elaboração de estudos de concepção para obras de drenagem pluvial e pavimentação sustentáveis, em ruas do perímetro urbano do bairro Vila Nova, incluindo a elaboração dos projetos executivos, memoriais, especificações técnicas de serviços, orçamento e cronograma das obras, cuja metodologia e execução deverão servir de modelo para outras áreas do município de Joinville**

Consórcio

TYPSA ■ ENGECORPS ■ GREENBLUE ■ AZIMUTE





Consórcio  
TYP SA ■ ENGE CORPS ■ GREENBLUE ■ AZIMUTE

## Etapa III – Projetos Executivos PRODUTO 15 (P15) – RELATÓRIO FINAL

### ETAPA 01

### VOLUME 01 – TOMO III MEMÓRIA DE CÁLCULO

REVISÃO	DATA
4 - Final	14/10/2021
3	30/09/2021
2	21/09/2021
1	23/07/2021
0	23/06/2021

**RESPONSÁVEL TÉCNICO:** Maria Bernardete Sousa Sender | ART nº 7447764-8 | CREA nº 172586-9 – SC

**COORDENADOR GERAL:** Maria Bernardete Sousa Sender

**ELABORAÇÃO:** Fernando Garcia | Antônio Carlos Oquendo | Bruna Nagel

**VERIFICAÇÃO:** Edson Rocha Nery

**APROVAÇÃO:** Maria Bernardete Sousa Sender

*Maria Bernardete Sousa Sender*  
Maria Bernardete Sousa Sender | 21 de Outubro de 2021 15:46:10

**NOME DO ARQUIVO DIGITAL:** 1439DGLR0015-04-Vol 01\_Tomo III\_Etapa 01

**ÍNDICE**

	<b>PÁG.</b>
<b>1. MEMÓRIA DE CÁLCULO .....</b>	<b>5</b>
<b>2. MEMÓRIA DE CÁLCULO – TERRAPLANAGEM.....</b>	<b>5</b>
<b>3. MEMÓRIA DE CÁLCULO - PAVIMENTAÇÃO.....</b>	<b>5</b>
3.1 PARÂMETROS DE PROJETO .....	5
3.1.1 Tráfego.....	6
3.1.2 Caracterização do subleito através dos Ensaio Laboratoriais.....	7
3.1.3 Ensaio de Campo.....	11
3.1.4 Determinação do CBR de projeto.....	11
3.2 PREMISSAS DE DIMENSIONAMENTO.....	13
3.3 DIMENSIONAMENTOS DOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS NOVOS .....	14
3.4 DIMENSIONAMENTOS DOS PAVIMENTOS INTERTRAVADOS .....	18
<b>4. MEMÓRIA DE CÁLCULO – DRENAGEM.....</b>	<b>20</b>
4.1 CRITÉRIOS E PARÂMETROS DE PROJETO .....	20
4.2 DIMENSIONAMENTO DOS ELEMENTOS SUDS .....	21
<b>5. MEMÓRIA DE CÁLCULO – ACESSIBILIDADE E PAISAGISMO.....</b>	<b>23</b>
5.1 CALÇADAS DE PAVER DRENANTE.....	23
5.2 CALÇADAS DE CONCRETO .....	24
<b>6. MEMÓRIA DE CÁLCULO – SINALIZAÇÃO .....</b>	<b>25</b>
6.1 SINALIZAÇÃO HORIZONTAL .....	25
6.2 SINALIZAÇÃO VERTICAL.....	27
<b>7. MEMÓRIA DE CÁLCULO – INTERFERÊNCIAS .....</b>	<b>29</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>30</b>

**LISTA DE FIGURAS**

	<b>PÁG.</b>
Figura 3.1 – CBR – Primeira Campanha.....	8
Figura 3.2 – Expansão – Primeira Campanha .....	8
Figura 3.3 – CBR – Segunda Campanha.....	9
Figura 3.4 – Expansão – Segunda Campanha .....	9
Figura 3.5 – Caracterização Sondagens a Trado .....	11
Figura 3.6 – Distribuição dos Resultados do CBR's .....	13
Figura 3.7 – Nomograma de Espessura de Pavimento dado pelo Número “N” e pelo CBR.....	16
Figura 6.1 - Dimensões das Setas indicativas de Posicionamento na Pista .....	26
Figura 6.2 - Indicação do Zebrado .....	27

**LISTA DE QUADROS**

	<b>PÁG.</b>
Quadro 3.1 – Classificação das Vias e Parâmetros de Tráfego .....	6
Quadro 3.2 – Ensaio de Campo e Laboratório.....	7
Quadro 3.3 – Ensaio de Campo e Laboratório - Complementares .....	9
Quadro 3.4 – Determinação do CBR de Projeto .....	12
Quadro 3.5 – Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso para Tráfego Leve e Médio.....	15
Quadro 3.6 – Estrutura Tipo I .....	16
Quadro 3.7 – Estrutura Tipo II .....	17
Quadro 3.8 – Estrutura Tipo III .....	17
Quadro 3.9 – Estrutura Tipo IV .....	17
Quadro 3.10 – Espessura e Resistência dos Blocos de Revestimento.....	18
Quadro 3.11 – Estrutura Tipo V .....	19
Quadro 3.12 – Estrutura Tipo VI .....	19
Quadro 3.13 – Estrutura Tipo VII .....	19
Quadro 3.14 – Estrutura Tipo VIII .....	20
Quadro 6.1 - Comprimento das Setas de acordo com a Velocidade da Via .....	25
Quadro 6.2 - Dimensões dos Zebrados .....	27
Quadro 6.3 - Dimensões Mínimas para Placas de Regulamentação Circulares.....	28
Quadro 6.4 - Dimensões Mínimas para Placas de Regulamentação Octogonais.....	28
Quadro 6.5 - Dimensões Mínimas para Placas de Advertência Quadradas .....	28
Quadro 6.6 - Dimensões Mínimas para Placas de Advertência Quadradas .....	29

## **1. MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Neste produto são apresentadas as memórias de cálculo que definiram os diversos elementos que constituem o projeto.

São apresentadas as memórias de cálculo dos elementos de constituintes do projeto, considerando as disciplinas:

- Terraplanagem;
- Pavimentação
- Drenagem;
- Acessibilidade e Paisagismo.
- Sinalização
- Interferências

## **2. MEMÓRIA DE CÁLCULO – TERRAPLANAGEM**

A memória de cálculo de terraplanagem consiste nas planilhas de cubação geradas a partir do greide de terraplanagem das vias e áreas públicas e também nas planilhas de movimentação de solos.

No Volume 03 – Tomo II são apresentadas as planilhas de volumes de corte e aterro, separados por ruas. Os quantitativos de volumes das áreas públicas são apresentados através de quadros nos próprios desenhos (1439DGLD0239, folha 07/07 e 1439DGLD0240, folha 12/12).

No Volume 03 – Tomo II também são apresentadas as planilhas de movimentação de solos, separados por ruas. Estas planilhas também podem ser consultadas no desenho 1439DGLD0407 (folha 02/10).

## **3. MEMÓRIA DE CÁLCULO - PAVIMENTAÇÃO**

### **3.1 PARÂMETROS DE PROJETO**

---

Existem dois parâmetros fundamentais para o dimensionamento de estruturas de pavimentos.

O primeiro é o tráfego que solicitará o pavimento projetado, tendo em vista que a ruptura deste tipo de estrutura ocorre por fadiga, ou seja, esforços repetitivos.

O segundo refere-se às propriedades do solo sobre a qual a estrutura em estudo será implantada, pois funcionará como fundação desta. A principal avaliação a ser realizada refere-se à capacidade de suporte do

material constituinte do subleito, obtido através de ensaios laboratoriais de amostras coletadas nas sondagens a trado.

A seguir são apresentadas as considerações mais detalhadas destes parâmetros supracitados.

### 3.1.1 Tráfego

Um dos fatores de fundamental importância para o dimensionamento de uma estrutura de pavimento é o tipo e o volume do tráfego que a solicitará, pois, os esforços internos solicitantes que surgirão variam em função da magnitude e da configuração das cargas (eixos) aplicadas à mesma.

Para efeito de dimensionamento do pavimento asfáltico, o tráfego de veículos comerciais previsto para o período de projeto de 10 anos deve ser convertido no número “N” de solicitações equivalentes de um eixo simples de rodas duplas com carregamento de 80 kN, denominado eixo padrão.

Isto posto, utilizou-se para a classificação do tipo de via do trecho em estudo, conforme tabela extraída da Instrução de Projeto 02 – Classificação das Vias da Prefeitura Municipal de São Paulo, reproduzida a seguir.

**Quadro 3.1 – Classificação das Vias e Parâmetros de Tráfego**  
**Classificação das vias e parâmetros de tráfego**

Função predominante	Tráfego previsto	Vida de projeto (anos)	Volume inicial faixa mais carregada		Equivalente Por veículo	N	N característico
			VEÍCULO LEVE	CAMINHÃO / ÔNIBUS			
Via local Residencial	LEVE	10	100 A 400	4 A 20	1,50	$2,70 \times 10^4$ A $1,40 \times 10^5$	$10^5$
Via coletora Secundária	MÉDIO	10	401 A 1500	21 A 100	1,50	$1,40 \times 10^5$ A $6,80 \times 10^5$	$5 \times 10^5$
Via coletora principal	MEIO PESADO	10	1501 A 5000	101 A 300	2,30	$1,4 \times 10^6$ a $3,1 \times 10^6$	$2 \times 10^6$
Via arterial	PESADO	12	5001 A 10000	301 A 1000	5,90	$1,0 \times 10^7$ a $3,3 \times 10^7$	$2 \times 10^7$
Via arterial Principal/ expressa	MUITO PESADO	12	> 10000	1001 A 2000	5,90	$3,3 \times 10^7$ a $6,7 \times 10^7$	$5 \times 10^7$
Faixa Exclusiva de Ônibus	VOLUME MÉDIO	12		< 500		$3 \times 10^{6(1)}$	$10^7$
	VOLUME PESADO	12		> 500		$5 \times 10^7$	$5 \times 10^7$

N = valor obtido com uma taxa de crescimento de 5% ao ano, durante o período de projeto.

Fonte: Instrução de Projeto 02 – Classificação das Vias da Prefeitura Municipal de São Paulo – Ano: 2004

As vias objetos do presente estudo podem ser classificadas com dois tráfegos distintos, sendo áreas com circulação de tráfego comercial e com circulação de tráfego residencial.

Portanto, dada as características das vias em questão e suas funções na malha do bairro, foram classificadas, como “Via Coletora Principal”, com Tráfego Leve, resultando em número N igual a  $1 \times 10^6$  e as vias com tráfego reduzido como “Via Local Residencial”, resultando em número N igual de  $1 \times 10^5$ .

### 3.1.2 Caracterização do subleito através dos Ensaios Laboratoriais

O comportamento geotécnico do subleito é outro fator importante para dimensionamento da estrutura do pavimento novo, trechos de reconstrução ou reparos localizados profundos. Para identificação, caracterização e avaliação da capacidade de suporte do solo local, foram realizados ensaios laboratoriais.

O ensaio utilizado na engenharia de pavimentos para avaliar a capacidade de suporte do subleito é o desenvolvido pelo departamento de transportes do estado da Califórnia, denominado *California Bearing Ratio* (CBR).

Em 2020 foi realizada uma primeira campanha para investigação do subleito local, onde o resumo dos resultados dos ensaios laboratoriais está apresentado na sequência.

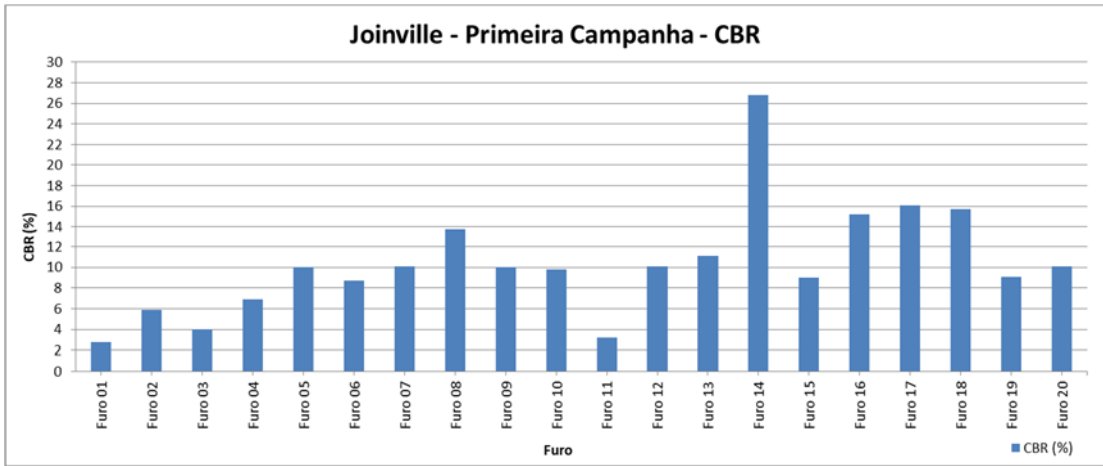
**Quadro 3.2 – Ensaios de Campo e Laboratório**

Furo	Compactação		I.S.C.		Energia de Compactação	Granulometria - % Que Passa							Limites de Atterberg			Classificação SUCS	Classificação HRB
	Dens. Máx. Seca (g/cm³)	Umidade Ótima (%)	Exp. (%)	CBR (%)		50,8 mm	25,4 mm	9,5 mm	4,8 mm	2,0 mm	0,42 mm	0,075 mm	LL (%)	LP (%)	IP (%)		
Furo 01	1,616	17,5	3,03	2,8	Normal	100,0	100,0	100,0	100,0	99,2	82,2	60,8	NL	NP	NP	-	A-4
Furo 02	1,615	15,3	4,01	5,9	Normal	100,0	100,0	100,0	100,0	97,0	79,4	61,4	NL	NP	NP	-	A-4
Furo 03	1,668	17,9	2,05	4,0	Normal	100,0	100,0	100,0	100,0	98,7	80,7	59,3	NL	NP	NP	-	A-4
Furo 04	1,461	26,0	2,10	6,9	Normal	100,0	100,0	100,0	100,0	98,3	84,9	77,3	49	21	28	CL	A-7-6
Furo 05	1,645	17,3	1,88	10,0	Normal	100,0	100,0	100,0	100,0	98,2	72,0	45,7	NL	NP	NP	SM	A-4
Furo 06	1,822	9,9	1,62	8,7	Normal	100,0	100,0	100,0	99,6	98,2	73,7	34,4	NL	NP	NP	SM	A-2-4
Furo 07	1,608	19,9	1,40	10,1	Normal	100,0	100,0	93,1	88,2	85,1	60,0	41,4	NL	NP	NP	SM	A-4
Furo 08	1,867	12,5	0,74	13,8	Normal	100,0	100,0	100,0	100,0	93,7	67,7	37,5	NL	NP	NP	SM	A-4
Furo 09	1,866	11,2	1,76	10,0	Normal	100,0	100,0	100,0	99,9	86,5	62,4	39,6	NL	NP	NP	SM	A-4
Furo 10	1,622	19,7	1,58	9,8	Normal	100,0	100,0	100,0	100,0	98,9	76,0	60,9	NL	NP	NP	-	A-4
Furo 11	1,504	14,5	4,07	3,2	Normal	100,0	100,0	100,0	100,0	99,3	85,2	64,5	NL	NP	NP	-	A-4
Furo 12	1,695	17,8	1,74	10,1	Normal	100,0	100,0	100,0	100,0	94,0	66,3	44,9	NL	NP	NP	SM	A-4
Furo 13	1,297	28,6	1,20	11,1	Normal	100,0	100,0	100,0	100,0	93,8	91,9	90,2	36	24	12	-	A-6
Furo 14	1,738	12,2	0,13	26,8	Normal	100,0	100,0	100,0	100,0	99,1	63,1	14,9	NL	NP	NP	SM	A-2-4
Furo 15	1,396	35,6	2,64	9,0	Normal	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9	95,4	92,5	57	28	29	CH	A-7-6
Furo 16	1,517	22,7	0,54	15,2	Normal	100,0	100,0	100,0	100,0	98,2	80,8	65,9	NL	NP	NP	-	A-4
Furo 17	1,675	15,6	0,84	16,1	Normal	100,0	100,0	100,0	100,0	98,7	77,5	61,0	NL	NP	NP	-	A-4
Furo 18	1,769	14,2	0,85	15,7	Normal	100,0	100,0	100,0	99,8	84,6	54,9	38,7	NL	NP	NP	SM	A-4
Furo 19	1,586	22,3	1,55	9,1	Normal	100,0	100,0	100,0	100,0	98,8	79,8	51,6	NL	NP	NP	-	A-4
Furo 20	1,665	17,3	1,20	10,1	Normal	100,0	100,0	100,0	100,0	99,0	75,3	49,6	NL	NP	NP	SM	A-4

Fonte: Elaboração Própria – Ano: 2021

Com o intuito de auxiliar na compreensão dos resultados de CBR, elaborou-se o gráfico apresentado a seguir.

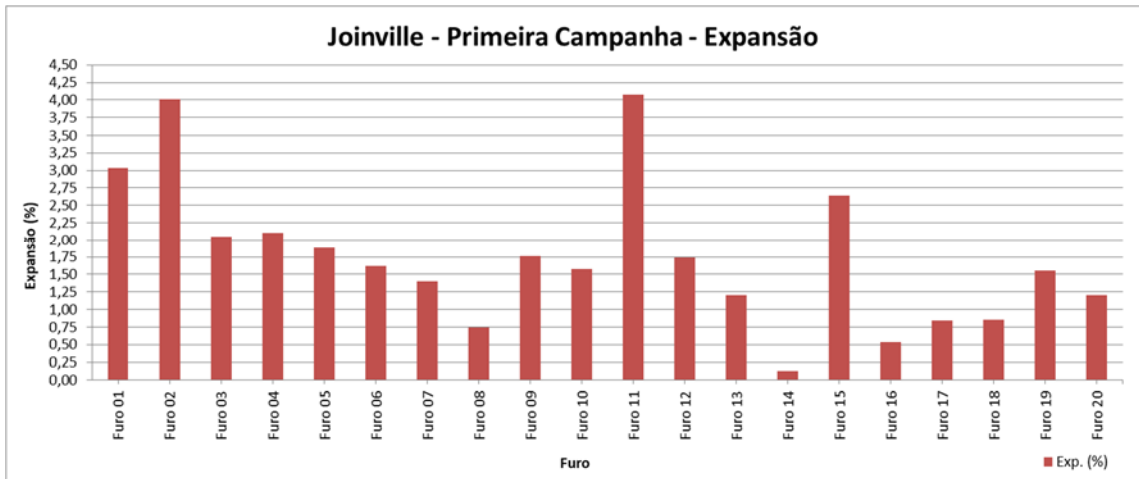




**Figura 3.1 – CBR – Primeira Campanha**

Fonte: Elaboração Própria – Ano: 2021

Com o intuito de auxiliar na compreensão dos resultados de Expansão, elaborou-se o gráfico apresentado a seguir.



**Figura 3.2 – Expansão – Primeira Campanha**

Fonte: Elaboração Própria – Ano: 2021

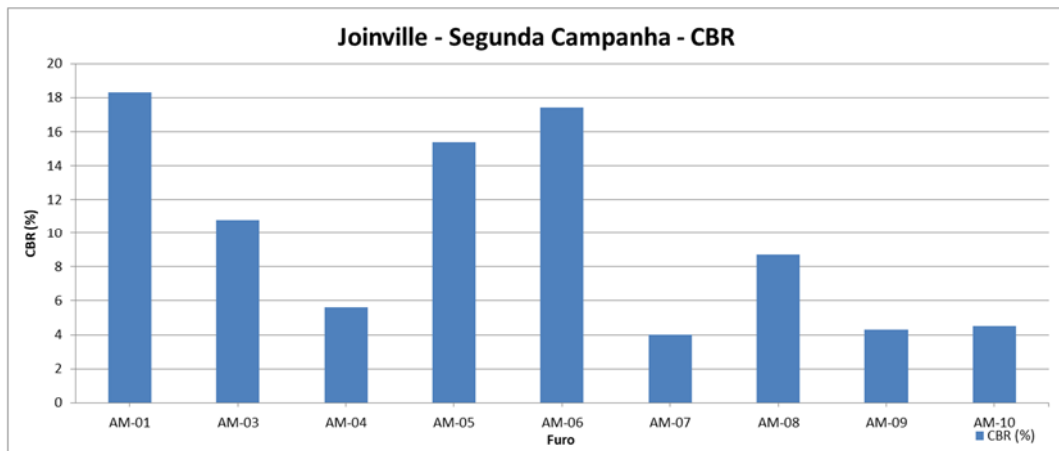
Já em 2021 foi realizada a segunda campanha para investigação do subleito local, consolidando os resultados, onde o resumo dos ensaios laboratoriais está apresentado a seguir.

**Quadro 3.3 – Ensaios de Campo e Laboratório - Complementares**

Furo	Compactação		I.S.C.		Energia de Compactação	Granulometria - % Que Passa										Limites de Atterberg			Índice de Grupo (IG)	Classificação HRB
	Dens. Máx. Seca (g/cm³)	Umidade Ótima (%)	Exp. (%)	CBR (%)		19,0 mm	9,50 mm	4,75 mm	2,00 mm	1,18 mm	0,60 mm	0,425 mm	0,30 mm	0,15 mm	0,075 mm	LL (%)	LP (%)	IP (%)		
AM-01	1,856	13,3	0,42	18,3	NORMAL	100,0	100,0	100,0	99,4	96,3	88,1	76,5	66,1	54,3	49,3	NL	NP	NP	-	A-4
AM-03	1,665	16,7	2,13	10,8	NORMAL	100,0	100,0	99,9	94,9	93,2	89,7	86,7	84,5	81,1	80,0	NL	NP	NP	-	A-4
AM-04	1,553	20,5	2,16	5,6	NORMAL	100,0	100,0	100,0	99,5	98,6	94,9	89,1	84,7	79,5	77,7	64	31	33	20	A-7-5
AM-05	1,737	17,5	1,03	15,4	NORMAL	100,0	100,0	100,0	98,7	97,0	86,9	78,2	72,2	63,8	60,6	42	32	10	5	A-5
AM-06	2,023	11,6	0,48	17,4	NORMAL	100,0	92,8	81,6	67,9	58,8	48,3	41,8	37,1	28,9	24,4	NL	NP	NP	-	-
AM-07	1,174	36,4	2,60	4,0	NORMAL	100,0	100,0	100,0	99,5	99,5	99,3	98,5	98,2	97,2	96,0	68	31	37	20	A-7-5
AM-08	1,778	16,3	1,29	8,7	NORMAL	100,0	100,0	100,0	96,9	93,5	84,4	77,3	71,9	62,5	56,2	37	28	9	4	A-4
AM-09	1,694	15,9	3,10	4,3	NORMAL	100,0	100,0	100,0	100,0	97,9	90,6	84,6	80,1	73,1	70,1	NL	NP	NP	-	A-4
AM-10	1,672	15,7	2,78	4,5	NORMAL	100,0	100,0	100,0	98,3	96,5	89,8	84,1	80,0	71,8	66,2	NL	NP	NP	-	A-4

Fonte: Elaboração Própria – Ano: 2021

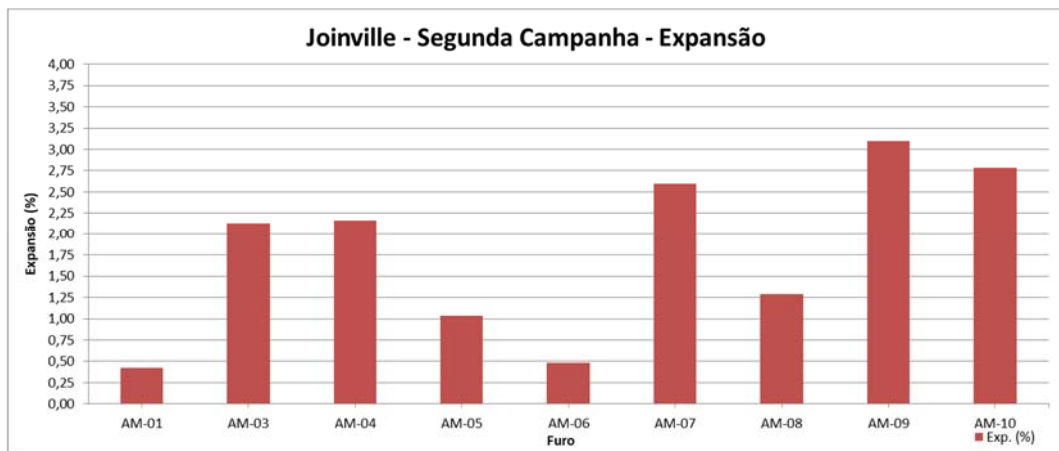
Com o intuito de auxiliar na compreensão dos resultados de CBR, elaborou-se o gráfico apresentado a seguir.



**Figura 3.3 – CBR – Segunda Campanha**

Fonte: Elaboração Própria – Ano: 2021

Com o intuito de auxiliar na compreensão dos resultados de Expansão, elaborou-se o gráfico apresentado a seguir.



**Figura 3.4 – Expansão – Segunda Campanha**

Fonte: Elaboração Própria – Ano: 2021

Analisando graficamente os resultados laboratoriais, nota-se uma predominância de solo expansivo em quase toda a área em estudo; dado o histórico da região, onde no passado era dedicada à plantação de arroz, as camadas superficiais do solo possuem origem orgânica.

A norma do DNIT impõe que o material constituinte do subleito deve apresentar expansão máxima de 2%, medida no ensaio padrão de CBR.

No local, a grande maioria dos solos existentes no substrato local apresenta valor de expansão inferior a 3%, o que obrigaria a substituição de certa espessura de solo para os locais onde a expansão superar o limite de 2% imposto.

Entretanto, tratando-se de um sistema viário eminentemente constituído por ruas com volume de tráfego classificado como “Leve” e “Muito Leve”, buscou-se a alternativa descrita a seguir para viabilizar a redução dos custos de implantação dos pavimentos.

A expansão definida pelo DNIT de no máximo 2% de expansão para o subleito é medida no ensaio padrão de CBR, onde é aplicada a sobrecarga de 10 lbf (4,536 kgf) ao submeter os corpos de prova à imersão de 4 dias, onde o fenômeno de expansão se manifesta.

Considerando o diâmetro do cilindro de 15,24 cm, resulta que os corpos-de-prova se encontram submetidos a uma pressão de confinamento vertical de cerca de  $2,49 \times 10^{-2}$  kgf/cm<sup>2</sup> quando imersos e, portanto, sujeitos ao fenômeno de expansão. Ou seja, de uma forma mais simples, esta tensão que se opõe à expansão do material.

Já no campo, o subleito local estará exposto a uma tensão vertical que pode ser estimada conforme indicado a seguir:

- Espessura total do pavimento de cerca de 50 cm; e
- Densidade média aproximada da estrutura de cerca de 2.000 kgf/m<sup>3</sup>.

Resulta em uma tensão vertical de confinamento de aproximadamente 1.000 kgf/m<sup>2</sup>, ou 0,10 kgf/cm<sup>2</sup>.

Comparando-se a tensão de confinamento com que o ensaio é realizado com a tensão vertical a qual o solo do subleito será exposto em campo, nota-se que solo local estará submetido a uma tensão de confinamento da ordem de 4 vezes a tensão padrão utilizada no ensaio.

Desta forma, considerando-se:

- As características funcionais das vias em questão;
- A magnitude do tráfego solicitante;
- A reduzida extrapolação dos valores de expansão para o solo local;

- O elevado custo das estruturas resultantes do dimensionamento realizado empregando-se os métodos tradicionais; e
- A tensão de confinamento vertical 4 vezes superior à empregada nos ensaios de CBR.

Adotou-se que seja aceito subleito com expansão de até 3%, sendo este valor combatido pelo peso próprio do pavimento que resulta em sobrecarga 4 vezes superior à sobrecarga padrão do ensaio de CBR.

### 3.1.3 Ensaios de Campo

A identificação das espessuras das camadas e materiais constituintes do subleito local é fundamental para a correta interpretação do comportamento deste.

Para tanto, foram realizadas sondagens a trado em cada local onde é prevista a implantação das estruturas de pavimento, buscando-se a identificação das características do subleito, de forma que o dimensionamento das estruturas resulte na homogeneização tanto no que tange aos critérios estruturais, quanto aos funcionais, garantido conforto e segurança aos usuários ao longo de todo o período de projeto.

O resumo dos resultados está apresentado de forma ilustrativa na sequência.

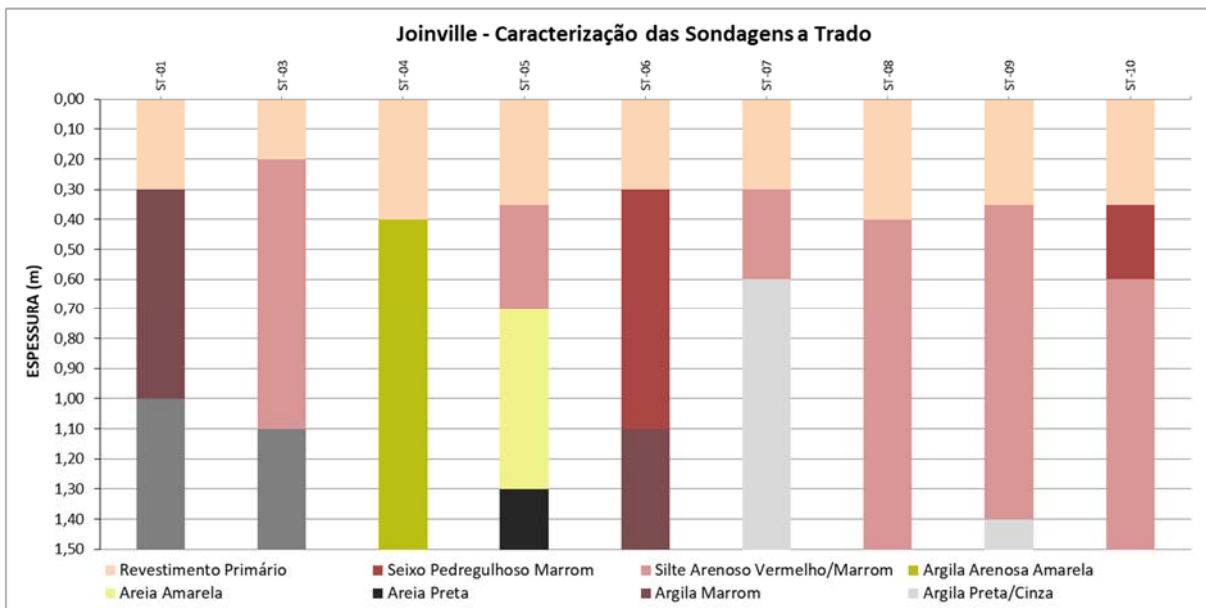


Figura 3.5 – Caracterização Sondagens a Trado

Fonte: Elaboração Própria – Ano: 2021

### 3.1.4 Determinação do CBR de projeto

A partir dos valores de CBR obtidos com os ensaios realizados, efetuou-se uma análise estatística dos resultados das duas campanhas através da metodologia do DNIT, descrita a seguir.

Método do DNIT

$$CBR_p = CBR_M - \frac{1,29 \times \sigma}{\sqrt{N}} - 0,68 \times \sigma$$

Onde:

$CBR_p$  = CBR de projeto;

$CBR_M$  = CBR da Média Aritmética;

$\sigma$  = Desvio padrão; e

$N$  = Número de amostras.

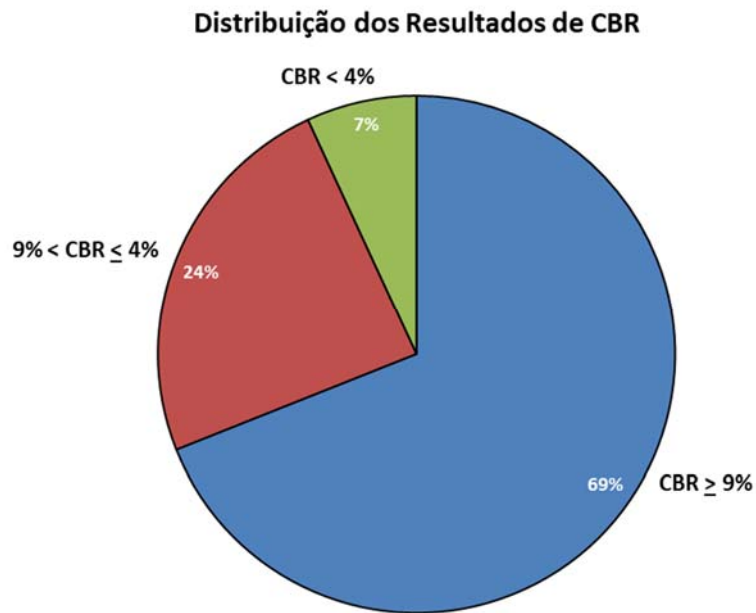
**Quadro 3.4 – Determinação do CBR de Projeto**

<b>CBR<sub>M</sub></b> =	10,26
<b>σ</b> =	5,44
<b>N</b> =	29
<b>CBR<sub>p</sub></b> =	5,25

Fonte: Elaboração Própria – Ano: 2021

A metodologia proposta pelo DNIT apontou como resultado do CBR de projeto o valor de 5%.

Entretanto, o tratamento estatístico puro, para segmentos longos e heterogêneos pode levar a um elevado número de locais onde será necessário o dimensionamento de camadas de reforço do subleito. Para evitar esta situação, considerando-se que o subleito apresenta três Segmentos Homogêneos bastante característicos quanto à capacidade de suporte, foram realizados os agrupamentos dos valores de CBR em três categorias, a saber:



**Figura 3.6 – Distribuição dos Resultados do CBR's**

Fonte: Elaboração Própria – Ano: 2021

Conforme pôde ser observado graficamente, a setorização em 3 categorias de CBR de projeto, seguramente otimizará as estruturas propostas como soluções de pavimento, dimensionadas nos capítulos seguintes.

### **3.2      *PREMISSAS DE DIMENSIONAMENTO***

Conforme pôde ser observado no item anterior, o subleito local apresenta algumas particularidades que condicionam os dimensionamentos das estruturas de pavimento. As particularidades podem ser descritas como: a heterogeneidade dos resultados de compactação e CBR, a presença de solo expansivo e a existência de solo-mole.

Para isso, deverão existir três premissas de dimensionamento das estruturas de pavimento, sendo elas:

- **CBR de Projeto**
  - CBR ≥ 9% - Dimensionamento convencional da estrutura de pavimento;
  - 9% < CBR ≤ 4% - Dimensionamento convencional da estrutura de pavimento; e
  - CBR < 4% - Dimensionamento da estrutura de pavimento com troca de solo de 50,0 cm por Pedra Rachão.
  
- **Expansão do Subleito**
  - Exp. ≤ 3% - Dimensionamento convencional da estrutura de pavimento; e
  - Exp. > 3% - Dimensionamento da estrutura de pavimento com troca de solo de 50,0 cm por Pedra Rachão.

- **Ocorrência de Solo-Mole**

- Profundidade de ocorrência do Solo-Mole maior que 1,0 m - Dimensionamento convencional da estrutura de pavimento; e
- Profundidade de ocorrência do Solo-Mole menor que 1,0 m - Dimensionamento da estrutura de pavimento com troca de solo de 50,0 cm por Pedra Rachão.

Portanto, os valores de CBR de projeto considerados para fins de dimensionamento das estruturas de pavimento serão de 9% e 4%, detalhadas a seguir. Para os locais onde a expansão do solo do subleito é superior a 3% e locais onde a cota do subleito encontra-se a menos de 50,0 cm da camada de solo orgânico (solo-mole), foi adotada a solução de substituição do solo local por Pedra Rachão com a finalidade de promover a estabilização do material e proteger a estrutura do pavimento.

### **3.3 DIMENSIONAMENTOS DOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS NOVOS**

Os dimensionamentos das estruturas de pavimento novo foram efetuados através da metodologia preconizada pela Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP) “IP-04 – Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis para Tráfego Leve e Médio”. Esta é baseada na metodologia clássica do DNIT, de autoria do Eng. Murillo Lopes de Souza que utilizou como base o trabalho “Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads and Traffic Volume” de autoria de Turnbull, Foster e Ahlvin, do USACE, e em conclusões obtidas na pista experimental da AASHTO, sendo que o principal objetivo da estrutura dimensionada é a proteção contra a ruptura por tensões de cisalhamento da camada do subleito.

Segundo tal procedimento, determina-se a espessura total necessária para o pavimento, dada em termos de material granular, em função dos dados geotécnicos e das características de tráfego solicitante. Este último parâmetro também é utilizado para a determinação da espessura mínima do revestimento betuminoso.

Fixadas estas espessuras, procede-se à determinação das espessuras das demais camadas constituintes da estrutura do pavimento. As espessuras dadas em termos de material granular são convertidas para espessuras reais dos materiais utilizados através dos coeficientes de equivalência estrutural, que expressam a relação entre a espessura de material granular e do material utilizado, de forma que ambos, nas respectivas espessuras, apresentem desempenho estrutural semelhante.

A determinação das camadas constituintes do pavimento se faz pelas seguintes inequações:

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

Fonte: IP-04 – Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis para Tráfego Leve e Médio

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

Fonte: IP-04 – Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis para Tráfego Leve e Médio

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

Fonte: IP-04 – Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis para Tráfego Leve e Médio

Onde:

R = espessura do revestimento;

B = espessura da base;

H20 = espessura sobre a sub-base;

h20 = espessura da sub-base;

Hn = espessura sobre o reforço do subleito;

hn = espessura do reforço do subleito;

Hm = espessura do pavimento;

KR , KB , KS , Kref = coeficientes de equivalência estrutural.

As espessuras mínimas de revestimento betuminoso são obtidas conforme tabela a seguir:

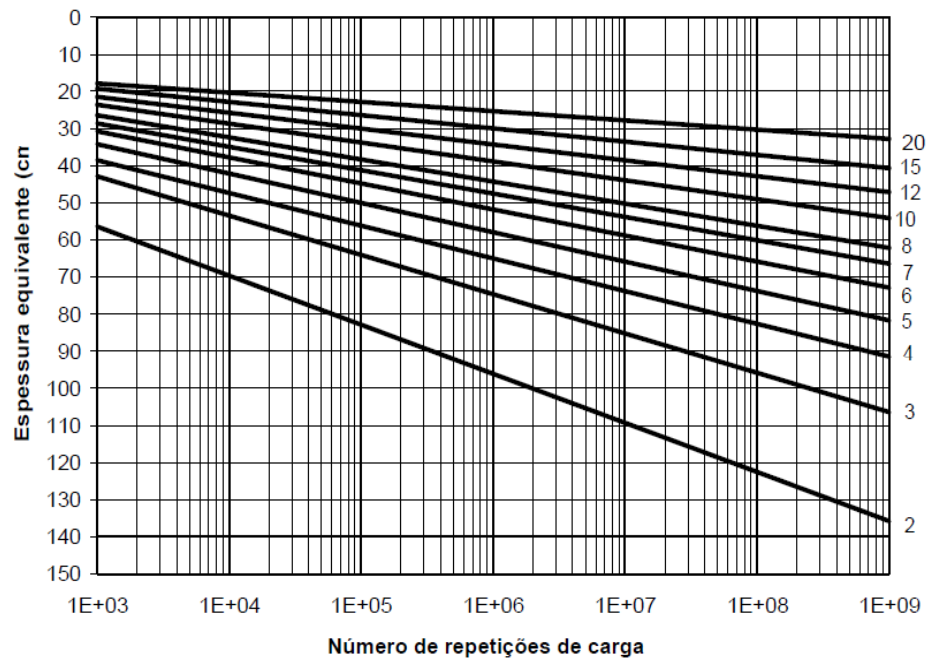
**Quadro 3.5 – Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso para Tráfego Leve e Médio**

TRÁFEGO	TIPO DE REVESTIMENTO	ESPESSURA (R) em cm
LEVE	PMQ	4,0
	CAUQ	3,5

Fonte: IP-04 – Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis para Tráfego Leve e Médio – Ano: 2004

As espessuras Hm, Hn, H20 são obtidas pelo gráfico ou através da expressão apresentados a seguir, onde a espessura em termos de material granular é função do número N e do valor de CBR do subleito, da sub-base ou do reforço do subleito.





**Figura 3.7 – Nomograma de Espessura de Pavimento dado pelo Número “N” e pelo CBR**

Fonte: IP-05 – Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis para Tráfego Meio Pesado, Pesado e Faixas Exclusivas de Ônibus – Ano: 2004

Para o projeto em estudo, foram dimensionadas três estruturas de pavimento asfáltico novo para cada faixa de tráfego, possuindo cada uma a sua particularidade. As denominações e características consideradas nos dimensionamentos dos pavimentos são os seguintes:

- Estrutura Tipo I – Pavimento Asfáltico: Tráfego Muito Leve c/ Troca de Solo;
- Estrutura Tipo II – Pavimento Asfáltico: Tráfego Muito Leve e CBR de projeto de 4%;
- Estrutura Tipo III – Pavimento Asfáltico: Tráfego Leve e CBR de projeto de 4%; e
- Estrutura Tipo IV – Pavimento Asfáltico: Tráfego Leve e CBR de projeto de 9%.

Com isso, as estruturas dimensionadas são apresentadas e verificadas a seguir.

**Quadro 3.6 – Estrutura Tipo I**

<b>Estrutura Tipo I – Pavimento Asfáltico – Tráfego Muito Leve – Solo Orgânico ou Expansivo</b>			
<b>Camada</b>	<b>K</b>	<b>Espessura Física</b>	<b>Espessura Equivalente</b>
Concreto Betuminoso Usinado a Quente	2,00	4,0	8,0
Brita Graduada Simples	1,00	15,0	15,0
Macadame Seco	1,00	15,0	15,0
Troca de Solo - Pedra Rachão	1,00	50,0	50,0
Solo Orgânico ou Expansivo	-	-	-
<b>Total</b>		<b>84,0</b>	<b>88,0</b>

Fonte: Elaboração Própria – Ano: 2021

$$R \times KR + B \times KB > H20$$

$4,0 \times 2,0 + 15,0 \times 1,0 > 22,0 \text{ cm} - \text{OK}$

$R \times KR + B \times KB + h20 \times Ks > H10$

$4,0 \times 2,0 + 15,0 \times 1,0 + 15,0 \times 1,0 + 50,0 \times 1,0 > 85,0 \text{ cm} - \text{OK}$

**Quadro 3.7 – Estrutura Tipo II**

<b>Estrutura Tipo II – Pavimento Asfáltico – Tráfego Muito Leve – CBR<sub>P</sub> = 4%</b>			
<b>Camada</b>	<b>K</b>	<b>Espessura Física</b>	<b>Espessura Equivalente</b>
Concreto Betuminoso Usinado a Quente	2,00	4,0	8,0
Brita Graduada Simples	1,00	18,0	18,0
Macadame Seco	1,00	30,0	30,0
Melhoria e Preparo do Subleito – CBR $\geq$ 4%	-	-	-
<b>Total</b>		<b>52,0</b>	<b>56,0</b>

Fonte: Elaboração Própria – Ano: 2021

$R \times KR + B \times KB > H20$

$4,0 \times 2,0 + 18,0 \times 1,0 > 22,0 \text{ cm} - \text{OK}$

$R \times KR + B \times KB + h20 \times Ks > H10$

$4,0 \times 2,0 + 18,0 \times 1,0 + 30,0 \times 1,0 > 56,0 \text{ cm} - \text{OK}$

**Quadro 3.8 – Estrutura Tipo III**

<b>Estrutura Tipo III – Pavimento Asfáltico – Tráfego Leve – CBR<sub>P</sub> = 4%</b>			
<b>Camada</b>	<b>K</b>	<b>Espessura Física</b>	<b>Espessura Equivalente</b>
Concreto Betuminoso Usinado a Quente	2,00	4,0	8,0
Brita Graduada Simples	1,00	17,0	17,0
Macadame Seco	1,00	40,0	40,0
Melhoria e Preparo do Subleito – CBR $\geq$ 4%	-	-	-
<b>Total</b>		<b>61,0</b>	<b>65,0</b>

Fonte: Elaboração Própria – Ano: 2021

$R \times KR + B \times KB > H20$

$4,0 \times 2,0 + 17,0 \times 1,0 > 25,0 \text{ cm} - \text{OK}$

$R \times KR + B \times KB + h20 \times Ks > H10$

$4,0 \times 2,0 + 17,0 \times 1,0 + 40,0 \times 1,0 > 65,0 \text{ cm} - \text{OK}$

**Quadro 3.9 – Estrutura Tipo IV**

<b>Estrutura Tipo IV – Pavimento Asfáltico – Tráfego Leve – CBR<sub>P</sub> = 9%</b>			
<b>Camada</b>	<b>K</b>	<b>Espessura Física</b>	<b>Espessura Equivalente</b>
Concreto Betuminoso Usinado a Quente	2,00	4,0	8,0
Brita Graduada Simples	1,00	17,0	17,0
Macadame Seco	1,00	17,0	17,0
Melhoria e Preparo do Subleito – CBR $\geq$ 9%	-	-	-
<b>Total</b>		<b>38,0</b>	<b>42,0</b>

Fonte: Elaboração Própria – Ano: 2021

$$R \times KR + B \times KB > H20$$

$$4,0 \times 2,0 + 17,0 \times 1,0 > 25,0 \text{ cm} - \text{OK}$$

$$R \times KR + B \times KB + h20 \times Ks > H10$$

$$4,0 \times 2,0 + 17,0 \times 1,0 + 17,0 \times 1,0 > 42,0 \text{ cm} - \text{OK}$$

### 3.4 DIMENSIONAMENTOS DOS PAVIMENTOS INTERTRAVADOS

Os dimensionamentos das estruturas de pavimentos intertravado – Paver – seguiram a Instrução de Projeto – IP-06 – Dimensionamento de Pavimentos com Blocos Intertravados de Concreto, da SIURB/PMSP, versão 2004 que utiliza com base o Procedimento B, desenvolvido pelo Corpo de Engenheiros do Exército Americano (USACE).

O procedimento considera a espessura necessária para camada base e sub-base para proteção do subleito, em função da capacidade de suporte deste e do número “N” de solicitações previstas para o período de projeto.

O número “N” também é utilizado para a definição da espessura das peças pré-moldadas em concreto, conforme tabela extraída do método e apresentada a seguir.

**Quadro 3.10 – Espessura e Resistência dos Blocos de Revestimento**  
Espessura e resistência dos blocos de revestimento

TRÁFEGO	ESPESSURA REVESTIMENTO	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES
$N \leq 5 \times 10^5$	6,0 cm	35 MPa
$5 \times 10^5 < N < 10^7$	8,0 cm	35 a 50 MPa
$N \geq 10^7$	10,0 cm	50 MPa

Fonte: IP-06 – Dimensionamento de Pavimentos com Blocos Intertravados de Concreto da SIURB/PMSP – Ano: 2004

Cabe destacar que a espessura de 6,0 cm de peças pré-moldadas de concreto é indicada para os locais de passeio de pedestre e/ou ciclovias, não possuindo a resistência necessária para suportar o tráfego de veículos comerciais. Portanto, foi definida a espessura de 8,0 cm para estas peças, para os pavimentos em estudo.

Com base no tráfego previsto, nos parâmetros geotécnicos e nas considerações supramencionadas, foram dimensionadas as seguintes estruturas:

Quadro 3.11 – Estrutura Tipo V

<b>Estrutura Tipo V – Pavimento Paver – Tráfego Muito Leve e Leve – Solo Orgânico ou Expansivo</b>	
<b>Camada</b>	<b>Espessura</b>
Bloco Pré-Moldado de Concreto – fck $\geq$ 35 MPa	8,0
Colchão de Areia	4,0
Brita Graduada Simples	12,0
Macadame Seco	15,0
Troca de Solo - Pedra Rachão	50,0
Solo Orgânico ou Expansivo	-
<b>Espessura Física Total da Estrutura</b>	<b>89,0</b>

Fonte: Elaboração Própria – Ano: 2021

Conforme mencionado anteriormente, para os locais onde a expansão do solo do subleito é superior a 3% e locais onde a cota do subleito encontra-se a menos de 50,0 cm da camada de solo orgânico (solo-mole), foi adotada a solução de substituição do solo local por Pedra Rachão com a finalidade de promover a estabilização do material e proteger a estrutura do pavimento.

Nestes locais, foi adotado o CBR de 2% para a definição das demais camadas constituintes da estrutura do pavimento, desta forma, para a estrutura tipo VII, foram considerados nos dimensionamentos as espessuras mínimas das camadas de base e sub-base.

Quadro 3.12 – Estrutura Tipo VI

<b>Estrutura Tipo VI – Pavimento Paver – Tráfego Muito Leve – CBR<sub>P</sub> <math>\geq</math> 4%</b>	
<b>Camada</b>	<b>Espessura</b>
Bloco Pré-Moldado de Concreto – fck $\geq$ 35 MPa	8,0
Colchão de Areia	4,0
Brita Graduada Simples	15,0
Macadame Seco	15,0
Melhoria e Preparo do Subleito – CBR $\geq$ 4%	-
<b>Espessura Física Total da Estrutura</b>	<b>42,0</b>

Fonte: Elaboração Própria – Ano: 2021

Quadro 3.13 – Estrutura Tipo VII

<b>Estrutura Tipo VII – Pavimento Paver – Tráfego Leve – CBR<sub>P</sub> <math>\geq</math> 4%</b>	
<b>Camada</b>	<b>Espessura</b>
Bloco Pré-Moldado de Concreto – fck $\geq$ 35 MPa	8,0
Colchão de Areia	4,0
Brita Graduada Simples	15,0
Macadame Seco	20,0
Melhoria e Preparo do Subleito – CBR $\geq$ 4%	-
<b>Espessura Física Total da Estrutura</b>	<b>47,0</b>

Fonte: Elaboração Própria – Ano: 2021

Quadro 3.14 – Estrutura Tipo VIII

Estrutura Tipo VIII – Pavimento Paver – Tráfego Muito Leve e Leve – $CBR_P \geq 9\%$	
Camada	Espessura
Bloco Pré-Moldado de Concreto – $f_{ck} \geq 35$ MPa	8,0
Colchão de Areia	4,0
Brita Graduada Simples	12,0
Macadame Seco	15,0
Melhoria e Preparo do Subleito – $CBR \geq 9\%$	-
<b>Espessura Física Total da Estrutura</b>	<b>39,0</b>

Fonte: Elaboração Própria – Ano: 2021

## 4. MEMÓRIA DE CÁLCULO – DRENAGEM

### 4.1 CRITÉRIOS E PARÂMETROS DE PROJETO

Os critérios e parâmetros de projeto adotados nos estudos hidrológicos foram os seguintes:

- *Coeficiente de Escoamento Superficial* (Coeficiente de “runoff” – Método Racional – “C”):
  - Área Urbanizada Consolidada – 0,78;
  - Pavimento tipo Asfalto – 0,90;
  - Pavimento tipo Blocos de Concreto Intertravados – 0,50;
  - Pavimento tipo Concreto – 0,90;
- Precipitação de Projeto
- Precipitação com percentil de 80% de duração – 19,2mm.

Para o dimensionamento hidráulico dos SuDS foram adotados como parâmetros de projeto:

- Vala de Retenção:
  - Material de enchimento: pedra brita nº2 ou 3 com índice de vazios mínimo de 35%;
  - Profundidade máxima de 1,00m;
  - Largura mínima de 0,50m;
  - Largura máxima: 1,0m (respeitando a faixa de circulação mínima de 1,20m).
- Calçada Drenante:
  - Material de enchimento: pedra brita nº 2 ou 3 com índice de vazios mínimo de 35%;
  - Profundidade máxima de 1,00m;

- Largura mínima: 2,00m;
- Largura máxima: 3,00m (maior largura de passeio).
- Jardim de Chuva:
  - Profundidade máxima de 0,15m;
  - Largura fixa: 1,00m.
- Reservatório:
  - Diâmetro máximo de 1,00m;
  - Material do tubo em concreto armado.

## **4.2 DIMENSIONAMENTO DOS ELEMENTOS SUDS**

---

O dimensionamento das soluções SuDS foi realizado através de planilhas eletrônicas utilizando-se do método racional para verificação e dimensionamento dos elementos.

Para bacias que não apresentam complexidade e que tenham até 2 km<sup>2</sup> de área de drenagem, é usual que a vazão de projeto seja determinada pelo Método Racional.

Esse método foi introduzido em 1889 por Emil Kuichling e é largamente utilizado nos Estados Unidos e em outros países. Embora tenha sido frequentemente sujeito a críticas acadêmicas por sua simplicidade, nenhum outro método foi desenvolvido dentro de um nível de aceitação geral quando aplicado dentro de seus limites de validade.

O Método Racional, adequadamente aplicado, pode conduzir a resultados satisfatórios em projetos de drenagem urbana e rural que tenham estruturas hidráulicas como galerias, bueiros etc. Em resumo, o método racional é definido pela equação seguinte.

$$Q = C \times i \times A$$

- Q = vazão de projeto;
- C = coeficiente de escoamento superficial, função das características da bacia em estudo;
- i = intensidade da chuva de projeto;
- A = área da bacia de contribuição;

Através da ponderação dos coeficientes de escoamento superficial, expresso através do equacionamento, tem-se.

$$C = \frac{1}{A} \cdot \sum C_i \cdot A_i$$

onde:

- $C$  = coeficiente médio de escoamento superficial;
- $A$  = área de drenagem da bacia;
- $C_i$  = coeficiente de escoamento superficial correspondente à ocupação "i";
- $A_i$  = área da bacia correspondente à ocupação "i".

Assim, o dimensionamento dos SuDS foi realizado com a redução do coeficiente de escoamento superficial determinando o coeficiente necessário para que a rede de drenagem existente tenha capacidade de transportar a vazão de cheia, tendo-se presente que o coeficiente de escoamento superficial é a relação do volume escoado em relação ao total precipitado e representado pela equação:

$$C = \frac{V_{escoado}}{V_{precipitado}}$$

Onde:

- $C$  = coeficiente de escoamento superficial;
- $V_{escoado}$  = volume escoado superficialmente (m<sup>3</sup>);
- $V_{precipitado}$  = volume precipitado (m<sup>3</sup>)

Para atingir o índice de escoamento superficial necessário de modo que a rede de drenagem existente tenha capacidade de escoar a vazão de projeto, retém-se o volume escoado através dos reservatórios que os SuDS impõem ao sistema.

A determinação dos volumes é realizada considerando a chuva com percentil de 80% (19,2 mm), incidindo na área a ser controlada pelos SuDS; desta forma é obtido o volume total precipitado e pela subtração da parcela que se deseja escoar superficialmente obtém-se o volume a ser retido.

No cálculo dos volumes dos SuDS, o projeto considerou a possibilidade de implantação respeitando certas condições urbanísticas, tais como entrada de lotes, largura dos passeios etc., além de respeitar o índice de vazios do material granular que será utilizado.

Os resultados dos dimensionamentos realizados estão apresentados no Anexo VIII do Volume 01 – Tomo IV deste produto.

## **5. MEMÓRIA DE CÁLCULO – ACESSIBILIDADE E PAISAGISMO**

Para o dimensionamento das larguras e espessuras adotadas no projeto das calçadas, foram levadas em consideração os documentos de referência citados no Tomo I deste relatório. De acordo com esses documentos as calçadas devem seguir as seguintes diretrizes gerais:

- Faixa de serviço: É destinada a locação dos elementos de urbanização, mobiliários urbano;
- Rampa de acesso de veículos, devem estar sobre a faixa de serviço, não deve atrapalhar a circulação dos pedestres;
- Rampa para pedestres trapezoidal: A inclinação máxima de calçadas maiores ou iguais a 3 metros deverá ser no máximo de 8,33% (1:12);
- Rampa para pedestres longitudinal: Nas calçadas menores que 3 metros a inclinação máxima deve ser de 5% (1:20);
- Guia de balizamento: Muro ou a edificação pode ser utilizada como balizamento para acessibilidade de pessoas com deficiência visual, na existência de descontinuidade deve ser instalado piso tátil seguindo o alinhamento predial;
- Faixa de circulação: É o espaço destinado a circulação dos pedestres, deve ficar livre de obstáculos até 2,50 metros de altura e ter largura mínima de 1,20 metros;
- As calçadas devem ser executadas com 15,0 centímetros de altura.

As larguras totais dos passeios seguiram como base as orientações do SEPUD e as exigências da NBR 9050, sendo necessários ajustes dependendo da configuração existente da via. Os demais critérios adotados referentes a larguras e inclinações estão apresentados junto aos itens acessibilidade e paisagismo no Tomo I deste relatório.

A seguir é apresentada a memória de cálculo do dimensionamento das espessuras dos passeios.

### **5.1 CALÇADAS DE PAVER DRENANTE**

Parte das calçadas projetadas serão de pavimento permeável de concreto. O pavimento permeável suporta os esforços mecânicos e ao mesmo tempo permite a percolação da água, sem causar danos a estrutura. O material é normatizado pela ABNT NBR 16416 - Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e Procedimentos.

Segundo a NBR 16416 a espessura do revestimento deve atender a tabela a seguir:



**Tabela 2.1 - Dimensionamento paver**

Tipo de revestimento	Tipo de solicitação	Espessura mínima (mm)	Resistência mecânica (Mpa)	Método de ensaio	
Peças de concreto (juntas largadas ou áreas vazadas)	Trafego de pedestres	60,00	≥35,00 (a)	ABNT NBR 9781	
	Tráfego leve	80,00			
Peça de concreto permeável	Trafego de pedestres	60,00	≥20,00(a)		
	Tráfego leve	80,00			
Placa de concreto permeável	Trafego de pedestres	60,00	≥2,00(b)		ABNT NBR 15805
	Tráfego leve	80,00			
Concreto permeável moldado no local	Trafego de pedestres	60,00	≥1,0 (c)	ABNT NBR 12142	
	Tráfego leve	100,00	≥2,0 (c)		
(a) Determinação da resistência à compressão, conforme a ABNT NBR 9781					
(b) Determinação da resistência à compressão, conforme a ABNT NBR 15805					
(c) Determinação da resistência à compressão, conforme a ABNT NBR 12142					

Fonte: ABNT - NBR 16416, 2016.

De acordo com a tabela da norma, os passeios de paver (pavimento drenante) para tráfego de pedestres devem ter 6,0cm de espessura e fck maior ou igual a 20MPa.

Para a camada de assentamento a NBR 16416 recomenda que seja projetada com materiais de granulometria aberta distribuída em uma camada uniforme e espessura constante. Podendo ter espessura total entre 20mm e 60mm na condição não compactada.

Em relação ao material a tabela abaixo apresenta a distribuição granulométrica recomendada:

**Tabela 2.2 - Distribuição Granulométrica para o Material de Assentamento**

Peneira com abertura de malha	Porcentagem retida, em massa %
12,5 mm	0
9,5 mm	0 a 15
4,75 mm	70 a 90
2,36 mm	90 a 100
1,16 mm	95 a 100

Fonte: ABNT - NBR 16416, 2016.

No projeto em questão foi adotada uma espessura de 50mm (condição compactada) para a camada de assentamento e, com base nos dados da tabela, o material que melhor se enquadra nas especificações da norma é o pedrisco, sendo este o material especificado neste projeto.

## 5.2 CALÇADAS DE CONCRETO

Uma parte das calçadas projetadas serão de concreto convencional. A ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), no documento Guia Prático para a construção de Calçadas, recomenda que para calçadas de concreto moldadas in loco, a resistência à compressão do concreto (fck) deve ser maior do que 20MPa e a espessura da placa de concreto para o tráfego de pedestres deve ter entre 5 a 6 cm. A base deve ser de

solo compactado com camada separadora de brita, de no mínimo 3cm. Nos acessos de veículos deve ser prevista armadura de base para tráfego de veículos.

Os passeios em concreto convencional, de acordo com o projeto devem ser executados em concreto com fck maior ou igual a 20Mpa, com espessura de 6,0cm, sobre uma camada de lastro de brita nº 0 com espessura de 4,0cm. Nos acessos de veículos deve ser executada tela Q-196.

## 6. MEMÓRIA DE CÁLCULO – SINALIZAÇÃO

### 6.1 SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

As linhas de eixo são apresentadas na cor amarela e branca, podendo ser contínuas ou tracejadas, com largura igual a 0,10m, possuindo ou não tachão. Nos trechos onde foram adicionados tachões o espaçamento entre os mesmos é a cada 2,00m. Em casos de interseções a linha será seccionada 1x1x1 (espaço x traço x espaço), também com espessura de 0,10m.

As faixas de travessia de pedestres foram projetas com faixas 4,00m de largura por 0,40m de espessura, distando 0,40m entre si. Nos cruzamentos devem ser inseridas a no mínimo 1,00m do alinhamento de bordo de pista, também devem ser inseridas a legenda “PARE” e a faixa de retenção. As faixas localizadas no meio de quadra serão acompanhadas somente das faixas de retenção. Conforme (DNIT, 2010) as linhas de retenção possuem mínimo de 50 cm de espessura e serão implantadas nas paradas.

Conforme página 104 do Manual de Sinalização Horizontal do CONTRAN, a legenda “PARE”, foi dimensionada para a velocidade menor ou igual a 60 Km/h em via urbana, no qual sua dimensão é de 1,60m

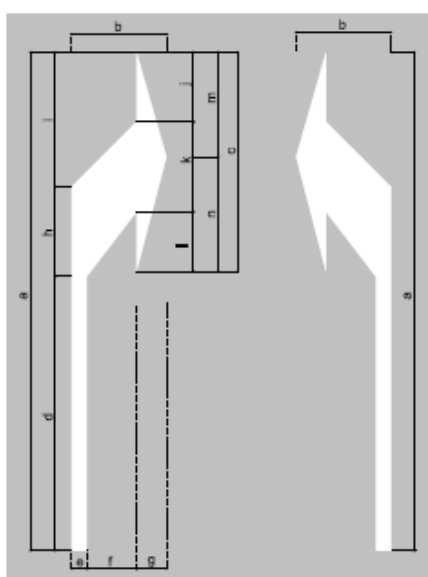
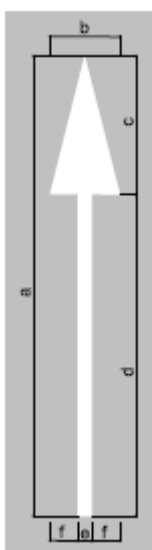
As setas indicativas de posicionamento na pista para a execução de movimentos foram dimensionadas conforme as páginas 83, 84 e 85 do Manual de Sinalização Horizontal do CONTRAN, para vias urbanas com velocidade menor ou igual que 60 Km/h, possuindo assim, 5,00m de comprimento, de acordo com o apresentado nas tabelas a seguir.

**Quadro 6.1 - Comprimento das Setas de acordo com a Velocidade da Via**

VELOCIDADE REGULAMENTADA (km/h)	DISTÂNCIA (m)			COMPRIMENTO DA SETA (m)
	d	d1	d2	
$v < 60$	10	30	45	5,00
$60 \leq v \leq 80$	15	40	60	5,00
$v > 80$	15	50	75	7,50

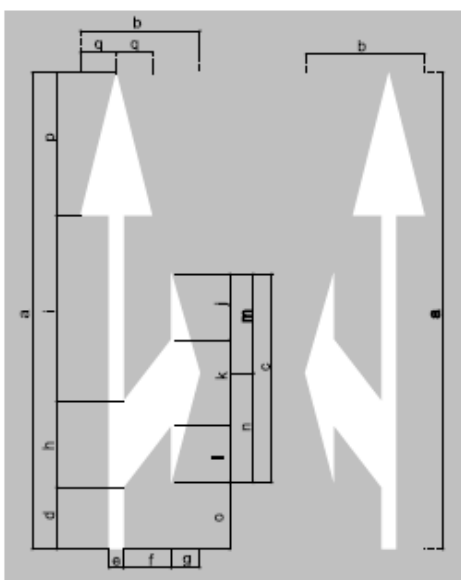
Fonte: CONTRAN - Manual de Sinalização Horizontal, 2007.

Figura 6.1 - Dimensões das Setas indicativas de Posicionamento na Pista



DIMENSÕES (m)					
a	b	c	d	e	f
5,00	0,75	1,50	3,50	0,15	0,30
7,50	0,75	2,25	5,25	0,15	0,30

DIMENSÕES (m)													
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n
5,00	0,95	2,20	2,75	0,15	0,50	0,30	0,90	1,35	0,70	0,90	0,80	1,05	1,15
7,50	0,95	3,30	4,12	0,15	0,50	0,30	1,35	2,03	1,05	1,35	0,90	1,58	1,72



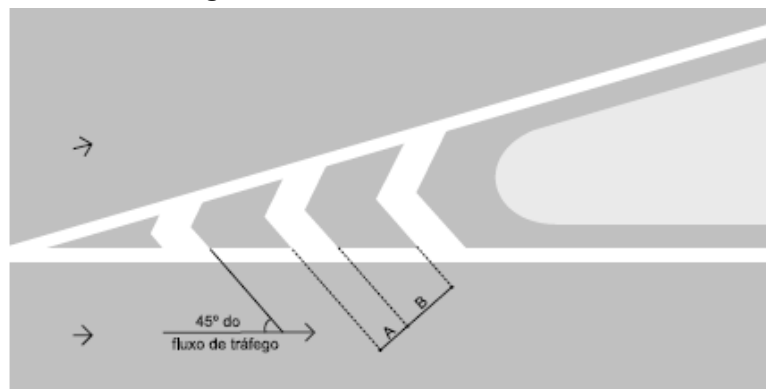
DIMENSÕES (m)																
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q
5,00	1,25	2,20	0,65	0,15	0,50	0,30	0,90	1,95	0,70	0,90	0,80	1,05	1,15	0,70	1,50	0,38
7,50	1,25	3,30	0,98	0,15	0,50	0,30	1,35	2,92	1,05	1,35	0,90	1,58	1,72	1,05	2,25	0,38

Fonte: CONTRAN - Manual de Sinalização Horizontal, 2007.

Para os trechos em que foram previstas ciclofaixas, a linha de bordo branca foi complementada com a linha contínua vermelha, utilizada para marcação da ciclofaixa, em sua parte interna, com largura de no mínimo 0,10 m, para proporcionar contraste entre estas marcas viárias e o pavimento da ciclofaixa. Foram adicionadas tachas e tachões intercalados a cada 2,00m, para separar a ciclofaixa do restante da pista como forma de aumentar a segurança.

De acordo com as páginas 58 e 59 do Manual de Sinalização Horizontal do CONTRAN, a marcação dos zebraados foi feita com linhas internas inclinadas em 45° em relação a direção do fluxo de tráfego e conforme o sentido do fluxo. A faixa de delimitação do zebraado possui largura de 0,20m, as faixas internas possuem largura de 0,30m e espaçamento de 0,80m, de acordo com o apresentado a seguir.

**Figura 6.2 - Indicação do Zebraado**



Fonte: CONTRAN - Manual de Sinalização Horizontal, 2007.

**Quadro 6.2 - Dimensões dos Zebraados**

DIMENSÕES	CIRCULAÇÃO	ÁREA DE PROTEÇÃO DE ESTACIONAMENTO
Largura da linha interna A	mínima 0,30 m	mínima 0,10 m
	máxima 0,50 m	máxima 0,40 m
Distância entre linhas B	mínima 1,10 m	mínima 0,30 m
	máxima 3,50 m	máxima 0,60 m

Fonte: CONTRAN - Manual de Sinalização Horizontal, 2007.

## 6.2 SINALIZAÇÃO VERTICAL

As placas de regulamentação circulares apresentam diâmetro de 0,50m e orla de 0,005m, portanto, estando de acordo com a tabela a seguir apresentada pelo Manual de Sinalização Vertical e Regulamentação do CONTRAN onde são apresentadas as dimensões mínimas para as placas de regulamentação circular em via urbana.

**Quadro 6.3 - Dimensões Mínimas para Placas de Regulamentação Circulares**

Via	Diâmetro mínimo (m)	Tarja mínima (m)	Orla mínima (m)
Urbana	0,40	0,040	0,040
Rural (estrada)	0,50	0,050	0,050
Rural (rodovia)	0,75	0,075	0,075
Áreas protegidas por legislação especial(*)	0,30	0,030	0,030

Fonte: CONTRAN - Manual de Sinalização Vertical e Regulamentação, 2005.

As dimensões definidas para as placas de regulamentação octogonais, são de 0,25m de lado, 0,020m de orla branca e 0,010m de orla vermelha referentes as dimensões mínimas apresentadas pelo Manual de Sinalização Vertical e Regulamentação para placas octogonais em vias urbanas.

**Quadro 6.4 - Dimensões Mínimas para Placas de Regulamentação Octogonais**

Via	Lado mínimo (m)	Orla interna branca mínima (m)	Orla externa vermelha mínima (m)
Urbana	0,25	0,020	0,010
Rural (estrada)	0,35	0,028	0,014
Rural (rodovia)	0,40	0,032	0,016
Áreas protegidas por legislação especial(*)	0,18	0,015	0,008

Fonte: CONTRAN - Manual de Sinalização Vertical e Regulamentação, 2005.

As placas de advertência quadradas apresentam lado de 0,50m, orla externa de 0,010m e orla interna de 0,020m. De acordo com a tabela seguir, retirada do Manual Sinalização Vertical de Advertência do CONTRAN, as dimensões então dentro do valor estipulado.

**Quadro 6.5 - Dimensões Mínimas para Placas de Advertência Quadradas**

Via	Lado mínimo (m)	Orla externa mínima (m)	Orla interna mínima (m)
Urbana	0,450	0,009	0,018
Rural (estrada)	0,500	0,010	0,020
Rural (rodovia)	0,600	0,012	0,024
Áreas protegidas por legislação especial(*)	0,300	0,006	0,012

Fonte: CONTRAN - Manual de Sinalização Vertical de Advertência, 2007.

Foram utilizadas placas retangulares com duas dimensões distintas, a primeira com lado maior de 1,00m e lado menor de 0,80m, orla externa de 0,010 e interna de 0,020, e a segunda com lado maior de 0,75m e lado menor de 0,60m, orla externa de 0,010 e interna de 0,020, estando, portanto, de acordo com as dimensões mínimas estipuladas pelo manual do CONTRAN.

**Quadro 6.6 - Dimensões Mínimas para Placas de Advertência Quadradas**

Via	Lado maior mínimo (m)	Lado menor mínimo (m)	Orla externa mínima (m)	Orla interna mínima (m)
Urbana	0,500	0,250	0,005	0,010
Rural (estrada)	0,800	0,400	0,008	0,016
Rural (rodovia)	1,000	0,500	0,010	0,020
Áreas protegidas por legislação especial(*)	0,400	0,200	0,006	0,012

Fonte: CONTRAN - Manual de Sinalização Vertical de Advertência, 2007.

As placas de serviços auxiliares possuem lado maior de 1,00, lado menor de 0,62m, orla externa de 0,010m, orla interna de 0,020m, já as placas de identificação de logradouros possuem lado maior de 0,65m e lado menor de 0,25.

## **7. MEMÓRIA DE CÁLCULO – INTERFERÊNCIAS**

As redes dimensionadas tiveram seu diâmetro determinado conforme a tubulação já existente no local. No caso de substituições de rede PBA para PEAD foi adotado o diâmetro mais próximo correspondente.

As ligações prediais de água e esgoto seguiram o padrão indicado pelo município, sendo indicado tubo PEAD DE20 para as ligações de água, já para as ligações de esgotos, foram previstas tubulações de PVC DN 100mm e 150mm (grandes consumidores).

## **8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia Prático para a construção de Calçadas**. São Paulo, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050: Norma de Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16416: Pavimentos Permeáveis de Concreto — Requisitos e Procedimento**. Rio de Janeiro. 2015.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de projeto geométrico de travessias urbanas**. Rio de Janeiro, 2010.

JOINVILLE. **Lei complementar nº 202, de 17 de abril de 2006. Dispõe sobre a execução e consertos de calçadas no município de Joinville**. Joinville, 2006.

JOINVILLE. **Lei complementar nº 261, de 28 de fevereiro de 2008. Plano diretor de desenvolvimento sustentável do município de Joinville**. Joinville, 2006.

JOINVILLE. **Decreto nº 13.060, de 20 de julho de 2006. Estabelece parâmetros para a execução ou reconstrução de calçadas no município de Joinville**. Joinville, 2006.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE. **Guia rápido calçada legal**. Joinville, 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE. **PlanMOB Volume I . Plano de Mobilidade Urbana de Joinville**. Ed. 02. Joinville: Prefeitura Municipal, 2016, 150p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE. **PlanMOB Volume II . Plano Diretor de Transportes Ativos - PDTA**. Ed. 02. Joinville: Prefeitura Municipal, 2016, 171p.






# 1439DGLR0015-04-Vol 01\_Tomo III\_Etapa 01

Relatório de auditoria final

2021-10-21

Criado em:	2021-10-21
Por:	Sirleide Dias (sirleide@engecorps.com.br)
Status:	Assinado
ID da transação:	CBJCHBCAABAAgX3-HAFXD6w8Z_xjstKQGUTdnU1ZJfZd

## Histórico de "1439DGLR0015-04-Vol 01\_Tomo III\_Etapa 01"

-  Documento criado por Sirleide Dias (sirleide@engecorps.com.br)  
2021-10-21 - 16:31:04 GMT- Endereço IP: 131.72.63.141
-  Documento enviado por email para Maria Bernardete Sousa Sender (bernadete@engecorps.com.br) para assinatura  
2021-10-21 - 16:34:15 GMT
-  Email visualizado por Maria Bernardete Sousa Sender (bernadete@engecorps.com.br)  
2021-10-21 - 18:46:40 GMT- Endereço IP: 201.87.155.154
-  Documento assinado eletronicamente por Maria Bernardete Sousa Sender (bernadete@engecorps.com.br)  
Data da assinatura: 2021-10-21 - 18:46:59 GMT - Fonte da hora: servidor- Endereço IP: 201.87.155.154
-  Contrato finalizado.  
2021-10-21 - 18:46:59 GMT