

PROJETO EXECUTIVO DE REQUALIFICAÇÃO DAS VIAS TANCREDO NEVES, PARAÍSO E GETÚLIO VARGAS, DE LUÍS EDUARDO MAGALHÃES

ETAPA 01

PROJETOS GEOMÉTRICO, TERRAPLENAGEM, PAVIMENTAÇÃO E SINALIZAÇÃO

MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO

ABRIL/2019

Nº DOCUMENTO:	GMT_TER_PAV_SIN
---------------	-----------------



PREFEITURA MUNICIPAL DE LUÍS EDUARDO MAGALHÃES

Oziel Oliveira
Prefeito

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO

Vanderlino Cândido Rodrigues
Secretário Municipal

João Batista Poyer
CREA: PR 9567-D

Engenheiro Agrônomo/ Responsável Técnico

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO.....	5
2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE INTERVENÇÃO	6
3. PROJETO GEOMÉTRICO.....	7
3.1. ELEMENTOS BÁSICOS PARA O PROJETO	7
3.2. OBJETIVOS	7
4. PROJETO DE TERRAPLENAGEM	9
4.1. INTRODUÇÃO	9
4.2. METODOLOGIA E ESTUDO DE SOLUÇÃO	9
5. PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO	11
5.1. INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS.....	11
5.1.1. Sondagens à Trado	12
5.1.2. Ensaio Laboratoriais.....	12
5.2. CONCEITUAÇÃO DAS CAMADAS COMPONENTES DO PAVIMENTO.....	13
5.3. PARÂMETROS DE PROJETO ADOTADOS.....	13
5.3.1. Capacidade de Suporte do Subleito	13
5.3.2. Classificação das Vias e Definição do Número “N”	15
5.3.3. Vida Útil do Projeto	17
5.4. DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO DAS VIAS.....	18
5.4.1. DADOS DE ENTRADA	18
5.4.2. DADOS DE SAÍDA	20
6. CONCEPÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS.....	24
6.1. MÉTODO DE PAVIMENTAÇÃO DA AASHTO.....	24
6.2. REQUISITOS DE CONCEPÇÃO	24

6.2.1.	VARIÁVEIS DE CONCEPÇÃO	24
6.2.2.	3.2.2 CRITÉRIOS DE DESEMPENHO.....	26
6.3.	ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇO	31
7.	PROJETO DE SINALIZAÇÃO	32
7.1.	JUSTIFICATIVA	32
7.2.	SINALIZAÇÃO HORIZONTAL.....	32
7.2.1.	Linhas Longitudinais Divisórias de Fluxo (Sh1).....	33
7.2.2.	Faixa de pedestres (SH3).....	35
7.2.3.	Setas direcionais (SH4)	35
7.3.	ESPECIFICAÇÃO DA SINALIZAÇÃO HORIZONTAL.....	36
7.4.	SINALIZAÇÃO VERTICAL.....	37
7.4.1.	Funções e Características	37
7.4.2.	Tipos de Placas	37
	Sinalização de Regulamentação	37
	Sinalização de Advertência	39
	Sinalização de Indicação	40
7.4.3.	Forma de Implantação	42
7.4.4.	Forma de fixação da sinalização vertical.....	42
	Placas de Regulamentação	42
	Placas de Advertência	42
7.4.5.	Dimensionamento das Placas	43
7.4.6.	Especificações dos Materiais.....	43
	Detalhes dos elementos utilizados para fixação de placas nos postes e pórticos.....	45
ANEXOS	47

1. APRESENTAÇÃO

A Prefeitura Municipal de Luís Eduardo Magalhães apresenta os Projetos Geométrico, Terraplenagem, Pavimentação e Sinalização / Memorial Descritivo e de Cálculo, realizados na área destinada à **Requalificação das Avenidas Tancredo Neves, Paraíso e da Rua Getúlio Vargas**, no município de Luís Eduardo Magalhães/BA.

Os projetos foram divididos em Etapa 1 e Etapa 2, referentes às etapas de construção. Este volume consiste em dados para a **Etapa 1**.

2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE INTERVENÇÃO

A área de intervenção encontra-se inserida no município de Luís Eduardo Magalhães e abrange as Avenidas Tancredo Neves, Paraíso e a Rua Getúlio Vargas. A Figura 2.1 a seguir apresenta a localização da área de intervenção destacando em azul as vias a serem requalificadas.

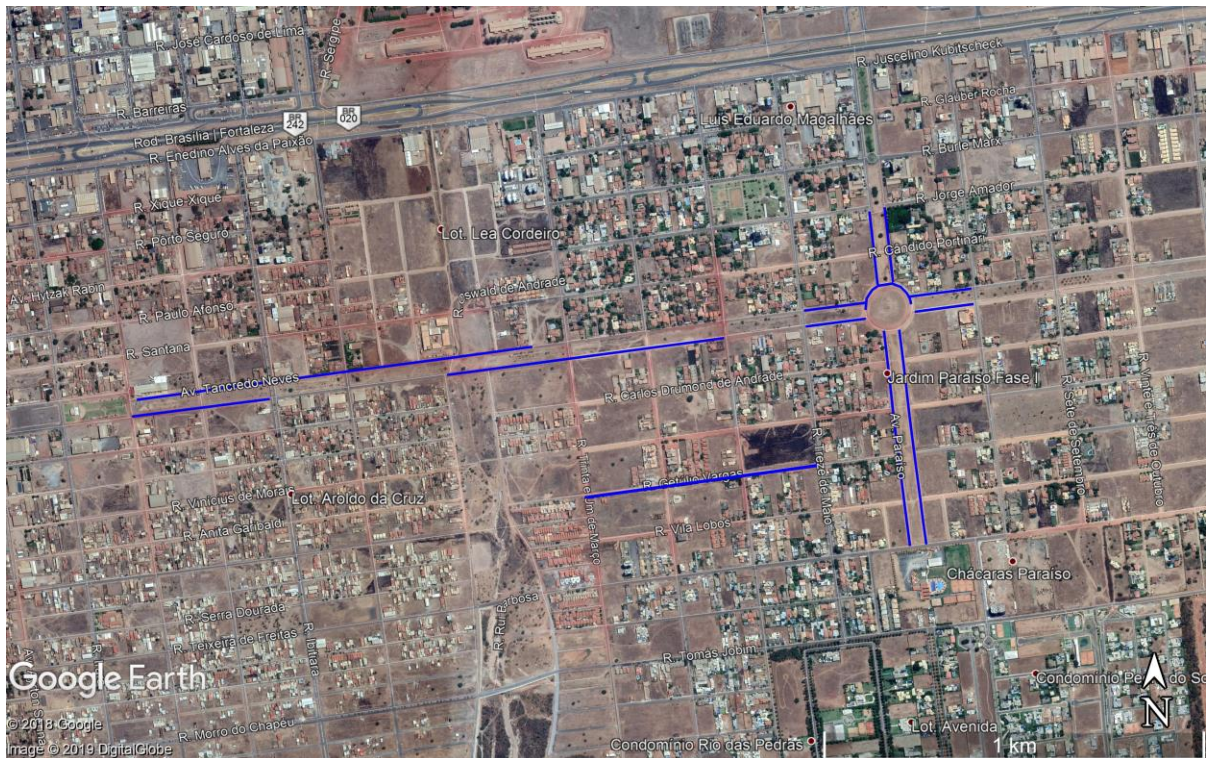


Figura 2.1 – Localização da área de intervenção

Fonte: Adaptado do Google Earth (2018)

3. PROJETO GEOMÉTRICO

3.1. ELEMENTOS BÁSICOS PARA O PROJETO

Para o desenvolvimento dos projetos geométricos deste trabalho, tomaram-se por base os levantamentos topográficos e os dados de tráfego existentes, apoiados na experiência da equipe da empresa em projetos deste tipo.

O projeto geométrico levou em consideração os tipos de veículos que circulam pela área, dotando-se o projeto de características adequadas à segura circulação de automóveis, ônibus e caminhões, tanto no plano horizontal quanto no vertical.

A fim de possibilitar a adoção de um traçado que agredisse o menos possível o traçado urbano existente, ao mesmo tempo em que o dotasse de um maior dinamismo e de uma configuração espacial mais ordenada foi adotado como principal critério de projeto o aproveitamento máximo do traçado pré-existente, consolidando-o, regularizando-o e dotando-o de larguras compatíveis com a função a que se destina.

3.2. OBJETIVOS

Os Projetos Geométricos tiveram por objetivo a definição das características técnicas das vias, tais como raios, declividades e larguras de plataformas, com a precisão necessária a permitir a elaboração adequada dos demais projetos (Terraplenagem, Drenagem de Águas Pluviais e Pavimentação) e seus respectivos orçamentos.

Foi desenvolvido a partir da configuração da área e estudos topográficos específicos, tomando como base os critérios adotados para o projeto de Sistema Viário.

No projeto geométrico identificaram-se preliminarmente os fluxos e tipos de veículos envolvidos na movimentação de pessoas e carga, visando dotar o projeto de dimensões compatíveis ao porte e volume destes veículos.

Como as vias foram consideradas como entidades tridimensionais contínuas, com fluentes e gradativas mudanças de direção, as suas geometrias foram desenvolvidas mediante intencional e criteriosa integração e coordenação dos elementos planimétricos e altimétricos. Como resultado tem-se no plano horizontal o projeto geométrico em planta, no plano vertical, sentido longitudinal, o projeto geométrico em perfil; e no plano vertical, sentido transversal, as seções transversais de projeto, indicando as cotas finais do pavimento acabado ao longo de cada eixo.

A preocupação no projeto geométrico vertical, no caso das ruas com habitações já consolidadas em ambos os lados, foi a definição de greides próximos ao existente. Nas vias projetadas, foi adotada uma declividade mínima de 0,5% para facilitar o escoamento das águas pluviais. Nas concordâncias verticais, utilizou-se a parábola simples, preocupando-se prioritariamente com os aspectos referentes a drenagem.

Para a elaboração do Projeto Geométrico foi utilizado o Programa de Computador AUTOCAD CIVIL 3D. Todos os eixos projetados têm suas características geométricas claramente apresentadas nas correspondentes peças gráficas, tanto no plano horizontal (projeto em planta e detalhes), quanto no vertical no sentido longitudinal (perfis e greides) e no sentido transversal (declividades das pistas).

O trabalho teve como base o Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas do DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, além da publicação Normas para o Projeto Geométrico de Vias Urbanas, de responsabilidade do DNER (hoje DNIT) dentro do programa PROGRESS.

O projeto geométrico das vias (Eixos) teve uma precisa definição e está claramente apresentado em desenhos onde se pode observar o estaqueamento, o valor dos raios das curvas em planta e seus pontos notáveis, quadro com os elementos das curvas projetadas e larguras de pistas e calçadas

A geometria vertical, no plano longitudinal, atendeu aos parâmetros exigidos para as vias, principalmente, quanto às curvas parabólicas de 2º grau, projetadas com amplitudes (R_v) para satisfazer às distâncias de visibilidade de parada (espaço percorrido pelo veículo até sua imobilização, após o condutor ter visto um obstáculo na pista com 0,15m de altura que o obrigue a parar). Para as curvas côncavas o Manual recomenda os critérios de visibilidade noturna.

O módulo de curvatura (R_v) representa o comprimento (projeção) da curva vertical no plano horizontal, em metros, por cada 0,01 m/m de variação na rampa longitudinal. As projeções horizontais (Y) referentes às curvas verticais parabólicas, adequadas às diretrizes do projeto, foram obtidas multiplicando-se os valores do R_v pela diferença algébrica (A) das rampas concordadas, em m/m, ou seja: $Y = R_v \cdot A$. Normalmente, aproximam-se para maior os valores encontrados para o Y , em múltiplos de 20 metros.

O greide projetado para os Eixos foi o de pavimentação, representando as cotas finais do pavimento acabado.

Os dados verticais e horizontais da geometria estão apresentados em **ANEXO**.

4. PROJETO DE TERRAPLENAGEM

4.1. INTRODUÇÃO

Os elementos básicos utilizados na elaboração dos Projetos de Terraplenagem foram oriundos de:

- Perfil e desenho das seções transversais do projeto geométrico;
- Ordenadas e abscissas da figura geométrica de cada seção transversal do projeto e do terreno;
- Características geotécnicas do solo na área de projeto e dos empréstimos;
- Localização dos possíveis empréstimos.

4.2. METODOLOGIA E ESTUDO DE SOLUÇÃO

Os Projetos de Terraplenagem foram elaborados atendendo às definições do projeto geométrico em planta e perfil, além de comportar a estrutura prevista para o pavimento das pistas de rolamento e das calçadas para pedestres.

Na elaboração dos projeto de terraplenagem foram cumpridas as seguintes etapas principais:

- Cálculo, definição e quantificação dos volumes de terraplenagem a movimentar;
- Estudos de compensação entre cortes e aterros;
- Determinação da distância de transporte;
- Estabilidade dos taludes.

Os volumes geométricos dos cortes e dos aterros foram convertidos em grandezas, transformando-se estes volumes em volumes “in situ”, no corte e/ou empréstimo, pela multiplicação dos volumes geométricos de aterros pelo coeficiente resultado da relação entre a média das densidades dos materiais aferidas no aterro compactado e a média das densidades dos materiais aferidas no corte e/ou empréstimo. O relatório de volumes forneceu os seguintes dados necessários ao projeto:

- Volume por corte;
- Volume por aterro;
- Volume acumulado de corte;
- Volume acumulado de aterro.

O estudo das compensações entre cortes e aterros foi realizado através de uma análise racional de comparação de volumes equitativos das figuras geométricas dos cortes e aterros.

Os projetos determinaram também que os solos resultantes em bota-foras serão dispostos ou obtidos fora da área imediata de implantação da obra, em local onde isso seja ambientalmente adequado.

Poderão ser encontrados bolsões de solo mole em alguns trechos na obra. Neste caso recomenda-se a remoção desse material e sua substituição por areia.

Para a elaboração do Projeto de Terraplenagem foi utilizado o Software AutoCAD CIVIL 3D. Todas as características do projeto estão claramente apresentadas nas correspondentes peças gráficas (projeto em planta e seções). Os mapas de cubação com o cálculo dos volumes de cortes e aterros são apresentados nas Notas de Serviço e Cálculo de Volumes.

5. PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

O Projeto de Pavimentação busca definir a estrutura a ser apoiada sobre o greide de terraplenagem, ou outro pavimento em condições de atender às características de trafegabilidade com conforto, previamente definidas, dentro de um horizonte pré-determinado.

Neste Capítulo apresenta-se o Projeto da Estrutura de Pavimentação para as vias objeto das intervenções previstas, abordando os seguintes tópicos principais:

- Descrição das Investigações Geotécnicas realizadas;
- Conceituação das Camadas Componentes da Estrutura de Pavimentação Projetada;
- Definição dos Parâmetros de Projeto: Capacidade de Suporte do Subleito, Classificação das Vias, Vida Útil do Projeto e Definição do Número N;
- Dimensionamento da Pavimentação.

A escolha de um pavimento, antes do seu dimensionamento propriamente dito, é uma tarefa que envolve a obtenção de vários parâmetros ligados ao tráfego, à vida útil, aos materiais existentes na área, a maior facilidade construtiva, experiência local, às características operacionais envolvidas em seu uso, dentre outras características. Só após o estabelecimento das premissas básicas é que se pode definir o pavimento mais adequado para uma determinada situação.

Através das análises dessas diversas variáveis são definidos parâmetros, tais como o Número de Equivalência do Eixo Padrão (N), definição das características geotécnicas de seu subleito e definição dos demais valores dos coeficientes envolvidos, com os quais se dimensiona a estrutura de pavimentação a ser aplicada na via, capaz de resistir aos esforços esperados, onde sua distribuição se dará na estratificação do corpo do pavimento em camadas implantadas sobre o subleito.

5.1. INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS

De acordo com DNIT (2006) os estudos geotécnicos para a elaboração do Projeto de Pavimentação deve contemplar o Estudo do Subleito e de Materiais para Pavimentação. O primeiro tem como objetivo o reconhecimento do solo, caracterização das camadas e definição dos perfis do solo onde será implantado o pavimento. Já o segundo tem como foco a caracterização dos materiais de jazida para utilização das camadas componentes do pavimento a ser projetado.

Após a inspeção de campo realizada entre os dias 21/11/2018 e 04/12/2018, em algumas ruas objeto deste projeto foram realizadas Investigações Geotécnicas (Sondagens à Trado e Ensaios

Laboratoriais) tanto nas vias quanto na jazida, visando melhor avaliar e caracterizar as condições estruturais do solo visando a execução de uma pavimentação adequada às solicitações da via.

A escassez de jazidas de pedra num raio de aproximadamente 100 km levou a investigação de determinada jazida de cascalho visando a sua utilização como base. As investigações geotécnicas neste local aconteceram entre os dias 13/12/2018 e 17/12/2018 e os resultados estão apresentados em **ANEXO**.

5.1.1. Sondagens à Trado

As Sondagens à Trado foram executadas em conformidade com os equipamentos e procedimentos estabelecidos pela Norma da ABNT **NBR 9603/1986 - "Sondagem à Trado - Procedimento"**.

Foram executados **50 (cinquenta)** furos de Sondagens à Trado, com a finalidade de caracterização e avaliação das características geotécnicas das vias que serão objeto de intervenção. A profundidade dos furos realizados foi de 2,00 m para todas as sondagens, totalizando **100,00 m** perfurados, não tendo sido registrada a presença de nível d'água.

Os Boletins e as locações das Sondagens à Trado realizadas encontram-se apresentados em **ANEXO**.

5.1.2. Ensaio Laboratoriais

Além das Sondagens à Trado foram também executados Ensaio Laboratoriais (Caracterização, Compactação e CBR) em todas as Amostras de Solo com o objetivo de caracterizar e avaliar a Capacidade de Suporte dos Solos para fins de Pavimentação. Os referidos Ensaio foram realizados em conformidade com os equipamentos e procedimentos estabelecidos pelo seguinte conjunto de Normas:

⇒ **DNER – ME 080/94** - Solos - Análise Granulométrica por Peneiramento;

⇒ **DNER – ME 082/94** - Solos - Determinação do Limite de Plasticidade;

⇒ **DNER – ME 122/94** - Solos - Determinação do Limite de Liquidez - Método de Referência;

⇒ **DNER – ME 162/94** - Solos – Ensaio de Compactação Utilizando Amostras Trabalhadas;

⇒ **DNER - ME 049/94** - Solos - Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando Amostras não Trabalhadas.

Os Resultados dos Ensaio Laboratoriais realizados encontram-se apresentados em **ANEXO**.

5.2. CONCEITUAÇÃO DAS CAMADAS COMPONENTES DO PAVIMENTO

No que diz respeito à distribuição dos esforços oriundos do tráfego, há de se considerar a estratificação do corpo do pavimento em camadas assentadas sobre o terrapleno, conforme conceituação a seguir:

⇒ **Subleito** - Terreno de fundação do pavimento.

⇒ **Regularização do Subleito** - Camada de espessura irregular, construída diretamente sobre o subleito, com adição ou remoção de material de modo a conformá-lo geometricamente em acordo com o projeto (larguras, greides, cotas e inclinações).

⇒ **Reforço do Subleito** - É uma camada de espessura constante, construída apenas se necessário, acima do subleito regularizado e com materiais que apresentem características técnicas superiores aos dos solos do subleito, e inferiores as dos materiais destinados à sub-base.

⇒ **Sub-Base** - Camada apoiada diretamente sobre o subleito regularizado e compactada ou sobre o reforço do subleito, quando este se justificar, com comprometimento estrutural complementar à base.

⇒ **Base** - Camada assente sobre a sub-base, destinada a receber e distribuir os esforços oriundos do tráfego e sobre a qual se constrói o revestimento.

⇒ **Revestimento** - Capa de rolamento, que recebe diretamente a ação do tráfego e destinada a melhorar a superfície de rolamento quanto às condições de conforto e segurança, promovendo também, resistência ao desgaste.

5.3. PARÂMETROS DE PROJETO ADOTADOS

5.3.1. Capacidade de Suporte do Subleito

A capacidade de suporte do subleito é determinada através da realização de ensaios geotécnicos realizados com o material do subleito coletado. O “**Índice de Suporte Califórnia**” (ISC) ou “**Califórnia Bearing Ratio**” (CBR) relaciona a pressão necessária para produzir a penetração de um pistão num corpo-de-prova de solo e a pressão necessária para produzir a mesma penetração numa brita padronizada. Com o valor dessa relação é possível determinar a espessura total de pavimento flexível em função do tráfego.

A determinação da capacidade de carga do subleito a ser considerado para as vias em estudo deve seguir a análise estatística apresentada por DNIT (2006), cujas fórmulas estão apresentadas a seguir:

⇒ **Média Aritmética**

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

Onde,

X = valor individual do CBR;

N = número de amostras.

⇒ **Desvio padrão**

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

⇒ **Valores mínimos e máximos prováveis**

$$X_{\min} = \bar{X} - \frac{1,29\sigma}{\sqrt{N}} - 0,68\sigma \quad X_{\max} = \bar{X} + \frac{1,29\sigma}{\sqrt{N}} + 0,68\sigma$$

Optou-se por utilizar o valor mínimo provável para o CBR de subleito de todas as vias. O valor calculado foi de 8,01%, o qual se adotou 8% no dimensionamento do pavimento.

Na ocasião das obras de implantação da Plataforma da Via Projetada, deverá ser realizada uma campanha de sondagens e ensaios laboratoriais do material do subleito, a cargo da Construtora encarregada ou da Contratante das obras, a fim de validar o valor do CBR adotado no presente Projeto.

Caso os resultados dessa campanha de investigações e ensaios revelem a presença de um material com valores de CBR inferiores ao indicado, o material de subleito deverá ser substituído por outro de melhor qualidade, com o qual se obtenha no mínimo valores de CBR iguais ao especificado no Projeto ora apresentado.

5.3.2. Classificação das Vias e Definição do Número “N”

Para a classificação das vias foram utilizados os parâmetros e características funcionais das vias estabelecidos pela Instrução de Projeto da Prefeitura Municipal de São Paulo (**IP-02/2004-PMSP - Classificação de Vias**), que correlaciona as características de tráfego da via com o Número de Operações de Eixo Padrão, definindo-se assim o número característico **N** de Projeto.

Na **IP-02** o estabelecimento do parâmetro “N” é precedido tanto pela estimativa das porcentagens mais prováveis de cada tipo de veículo de carga na composição de frota para cada classificação de via, quanto pelo carregamento provável de acordo com cada classe, levando em consideração a probabilidade de veículos de carga transitarem com carga abaixo do limite ou vazios, principalmente em vias urbanas.

No cálculo do fator de equivalência de cada tipo de veículo foram utilizados modelos matemáticos que relacionam a carga útil às cargas resultantes nos eixos dos veículos. Utilizaram-se dados básicos de dos veículos, como tara, número de eixo, limites máximos de carga por eixo, dentre outros, os quais foram confrontados com modelos obtidos por regressão linear de alguns levantamentos estatísticos, resultando em fatores de equivalência correspondentes a:

- 105% da carga útil máxima;
- 100% da carga útil máxima;
- 75% da carga útil máxima.

O **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta os fatores de equivalência final relacionados para cada classificação de via.

⇒ **Classificação Quanto ao Tipo/Função:**

De acordo com a IP-02/2004, quanto à tipologia e função, as Vias apresentam a seguinte classificação:

- ◆ **Vias Locais** - Vias cuja finalidade primordial é o acesso às propriedades, sendo desencorajado o tráfego direto.
- ◆ **Via Coletora II (Secundária)** - Tem a função de coletar e distribuir os volumes de tráfego local dos núcleos dos bairros.
- ◆ **Via Coletora I (Principal)** - Tem a função principal de coletar e distribuir os volumes de tráfego local e de passagem em percursos entre bairros.

◆ **Via Arterial II (Arterial)** - Com a mesma função da Via Arterial I, diferindo apenas pelas suas características geométricas, em razão da impossibilidade de implantação de via marginal e contando, sempre que possível, com faixas exclusivas ou preferenciais para o transporte coletivo.

◆ **Via Arterial I (Expressa)** - Tem como função principal interligar as diversas regiões do Município, promovendo ligações intra-urbanas de média distância, articulando-se com as vias expressas e com outras, de categoria inferior, contando, obrigatoriamente, com faixas segregadas para o transporte coletivo, que terão prioridade sobre qualquer outro uso projetado ou existente na área destinada a sua implantação.

⇒ **Quanto as Condições de Tráfego:**

Conforme define a IP-02/2004 a via urbana a ser pavimentada, para fins de dimensionamento de pavimento, de acordo com as condições de tráfego previstas, terá a seguinte classificação:

◆ **Tráfego Leve** - Ruas de características essencialmente residenciais, para as quais não é previsto o tráfego de ônibus, podendo existir ocasionalmente a passagens de caminhões e ônibus não superior a 20 por dia. Por faixa de tráfego;

◆ **Tráfego Médio** - Ruas e Avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões e ônibus em número de 21 a 100 por dia por faixa de tráfego;

◆ **Tráfego Meio Pesado** - Ruas e Avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões e ônibus em número de 101 a 300 por dia por faixa de tráfego;

◆ **Tráfego Pesado** - Ruas e Avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões e ônibus em número de 301 a 1.000 por dia por faixa de tráfego;

◆ **Tráfego Muito Pesado** - Ruas e Avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões e ônibus em número de 1.001 a 2.000 por dia por faixa de tráfego.

De acordo com o Método de Dimensionamento adotado, faz-se necessário o conhecimento do tráfego representado pelo número W18 (valor correspondente ao número N), isto é, número de operações equivalentes do eixo padrão de 8,2 t durante o período de Vida Útil considerado.

A **Tabela 1** a seguir apresenta a Classificação da Via e os Parâmetros de Tráfego correspondentes, incluindo o Número "N", conforme preconizado pela **Instrução IP-02/2004** da Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP).

Tabela 1 – Classificação das Vias e Parâmetros de tráfego correspondentes

FUNÇÃO PREDOMINANTE	TRÁFEGO PREVISTO	VIDA ÚTIL DE PROJETO (ANOS)	VOLUME INICIAL FAIXA MAIS CARREGADA		EQUIVALENTE POR VEÍCULO	N	N CARACTERÍSTICO
			VEÍCULO LEVE	CAMINHÃO E 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 Coletora Secundária	Médio	10	401 a 1.500	21 a 100	1,50	1,40 x 10 ⁵ a 6,80 x 10 ⁵	5,00 x 10 ⁵
Via Coletora Principal	Meio Pesado	10	1.501 a 5.000	101 a 300	2,30	1,40 x 10 ⁶ a 3,10 x 10 ⁶	2,00 x 10 ⁶
Via Arterial	Pesado	12	5.001 a 10.000	301 a 1.000	5,90	1,00 x 10 ⁷ a 3,30 x 10 ⁷	2,00 x 10 ⁷
Via Arterial Principal / Expressa	Muito Pesado	12	> 10.00	1.001 a 2.000	5,90	3,30 x 10 ⁷ a 6,70 x 10 ⁷	5,00 x 10 ⁷
Faixa Exclusiva de Ônibus	Volume Médio	12	-	< 500	-	3,00 x 10 ⁶	10 ⁷
	Volume Pesado	12	-	> 500	-	5,00 x 10 ⁷	5,00 x 10 ⁷

Fonte: IP-02/2004 CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS (PMSP)

As vias em estudo foram classificadas como vias **Locais** com **Tráfego médio**, cujo **N característico** é igual a **5,00x10⁵**.

5.3.3. Vida Útil do Projeto

Este período é normalmente definido pela Contratante ou fixado pelo Projetista em função das características do Sistema Viário Proposto ou Existente. De acordo com a Instrução de Projeto da Prefeitura Municipal de São Paulo (**IP-02/2004-PMSP - Classificação de Vias**), os valores usualmente utilizados variam conforme indicado na **Tabela 2**, a seguir.

Tabela 2 – Vida útil do projeto de acordo com a tipologia da via

CONDIÇÃO DE UTILIZAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO	VIDA ÚTIL EM ANOS
Acessos Locais	5
Vias Locais	10
Vias Coletoras	10
Vias Arteriais	12

Fonte: IP-02/2004 CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS (PMSP)

Para que a Vida Útil prevista neste Projeto seja atingida é necessário que o pavimento seja executado conforme o Projeto e que, periodicamente, seja promovida a inspeção e realizada a manutenção da mesma pelos Órgãos competentes.

No projeto em questão adotou-se os períodos de **Vida Útil de 10 anos**, devido à existência de vias classificadas como Vias Locais.

5.4. DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO DAS VIAS

A metodologia que aqui se apresenta se baseia nas equações empíricas usadas no Guia AASHTO de 1993, as quais são, em grande parte, resultado do Teste de Estrada AASHTO original. A equação principal do método encontra abaixo:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07 \quad (1)$$

Onde:

W_{18} = Número previsto de carga de eixo equivalente (ESAL) a 80 kN;

Z_R = Desvio normal padrão (exemplo: $Z_R = -1.645$ para 95% de confiabilidade);

S_o = Erro padrão combinado da previsão de tráfego e previsão de desempenho;

SN = Número Estrutural (um índice que é indicativo da espessura total do pavimento requerida);

= $a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3 + \dots$

a_i = Coeficiente de camada;

D_i = Espessura de camada;

m_i = Coeficiente de drenagem da camada;

ΔPSI = Diferença entre o índice de capacidade de manutenção do projeto inicial (p_o) e o índice de capacidade de manutenção do terminal de projeto;

M_R = Módulo de resiliência do subleito.

5.4.1. DADOS DE ENTRADA

- **Carregamento previsto W_{18} :** O carregamento previsto é simplesmente o número previsto de ESALs de 80 kN que o pavimento terá durante a vida útil do projeto;

- **Confiabilidade:** A confiabilidade do processo de projeto-desempenho do pavimento é a probabilidade de que uma seção do pavimento projetada funcionará satisfatoriamente sobre o tráfego e as condições ambientais para o período do projeto (AASHTO, 1993). Em outras palavras, deve haver alguma garantia de que um pavimento irá executar a variabilidade determinada em coisas como construção, ambiente e materiais. As variáveis Z_R e S_o são responsáveis pela confiabilidade:
 - Z_R : desvio normal padrão;
 - S_o : erro padrão combinado da previsão de tráfego e previsão de desempenho.
- **Estrutura do pavimento:** A estrutura do pavimento é caracterizada pelo Número Estrutural.
 - **SN:** é um número abstrato que expressa a força estrutural de um pavimento necessário para determinadas combinações de suporte do solo (MR), tráfego total expresso em ESALS, manutenção de terminal e ambiente. O Número Estrutural é convertido em espessuras reais de camada (D) usando um coeficiente de camada (a) que representa a força relativa dos materiais de construção nessa camada. Além disso, todas as camadas abaixo da camada HMA (CBUQ) recebem um coeficiente de drenagem (m) que representa a perda relativa de força em uma camada devido às suas características de drenagem e ao tempo total em que é exposta a condições de umidade próximas da saturação.
 - **Vida útil:** A diferença no índice de utilização atual (PSI), entre a construção e o fim da vida é a vida de serviço. É representado por:
 ΔPSI = A diferença no PSI entre a construção (p_0) e o fim da vida (pt). A equação compara isso com os valores padrões usados pelo teste de estrada AASHTO de 4,2 para o valor imediatamente após a construção (p_0) e 1,5 para o fim da vida útil. Manutenção de pós-construção típica p_0 : 4.0 - 5.0 dependendo da qualidade de construção, suavidade, etc. Fim típico da vida útil ou "manutenção do terminal" pt: 1.5 - 3.0 dependendo do uso da estrada (por exemplo, rodovia interestadual, arterial urbana, residencial);
 - **Suporte do Subleito:** É representado por:
MR = Módulo resiliente do subleito. Intuitivamente, a quantidade de suporte estrutural oferecido pelo subleito. Valores típicos de RM, dependendo da composição do subleito, umidade, tempo ou ano, etc., podem estar entre cerca de 430 a 4.300 kPa.

5.4.2. DADOS DE SAÍDA

A equação do Guia AASHTO de 1993 pode ser resolvida para qualquer uma das variáveis contanto que todas as outras sejam fornecidas. Normalmente, a saída é total de ESALs ou o Número Estrutural necessário (ou as profundidades de camada de pavimento associadas). Para ser mais preciso, a equação de pavimento flexível descrita neste capítulo deve ser resolvida simultaneamente com o pavimento flexível.

Esse método de solução é um processo iterativo que resolve as ESALs em ambas as equações, variando o Número Estrutural. É iterativo porque o Número Estrutural (SN) tem duas influências principais:

- O Número Estrutural determina o número total de ESALs que um determinado pavimento pode suportar;
- O Número Estrutural também determina o que a ESAL de 80 kN (18.000 lb.) é para determinada carga.

De forma mais prática, o projeto do pavimento flexível pode ser resolvido independentemente da equação ESAL usando um valor ESAL que é assumido independente do número estrutural. Esse processo de cálculo geralmente segue da seguinte maneira:

- 1) Suponha um número estrutural (SN) para cálculo do Fator de Carga Equivalente do Eixo (EALF), geralmente SN = 5.0;
- 2) Determine o EALF para cada tipo de carga resolvendo a equação do EALF usando o SN assumido para cada tipo de carga;
- 3) Estime a contagem de tráfego para cada tipo de carga durante toda a vida útil do pavimento para obter o número total de ESALs esperados durante a vida útil do pavimento;
- 4) Determine e reúna insumos de projeto de pavimentos flexíveis (ZR, So, Δ PSI e MR);
- 5) Resolva a equação de projeto para SN;
- 6) Verifique se o valor do SN calculado está razoavelmente próximo do valor assumido para os cálculos do EALF. Caso contrário, repita iterativamente o processo com este valor de SN.

As Figura 5.1 e Figura 5.2, do Departamento de Transportes do Estado de Washington, ajudam a selecionar as espessuras das várias camadas.

Um cálculo rápido de primeira aproximação do tráfego total W18 e do SN estrutural (cm) pode ser realizado usando o gráfico da Figura 5.3.

ESAL's do período do projeto	Condição do Subleito	Espessura da Camada ¹ (mm)											
		Confiabilidade = 75%				Confiabilidade = 85%				Confiabilidade = 95%			
		Camada Superficial HMA	Camada de Base HMA	ATB	Pedregulho ²	Camada Superficial HMA	Camada de Base HMA	ATB	Pedregulho ²	Camada Superficial HMA	Camada de Base HMA	ATB	Pedregulho ²
0,5 a 1 milhão	Pobre	105	-	-	380	120	-	-	400	135	-	-	440
	Média	105	-	-	200	120	-	-	215	135	-	-	230
	Boa	105	-	-	75	120	-	-	75	135	-	-	75
1 a 5 milhões	Pobre	105	90	90	90	105	105	90	90	105	135	90	90
	Média	105	90	-	90	105	105	-	90	105	135	-	90
	Boa	75	75	-	90	75	75	-	90	105	75	-	90
5 a 10 milhões	Pobre	105	120	90	105	105	135	90	105	105	165	90	105
	Média	105	120	-	105	105	135	-	105	105	150	-	105
	Boa	75	90	-	105	105	75	-	105	105	90	-	105
10 a 25 milhões	Pobre	105	150	90	135	105	165	90	135	105	210	90	135
	Média	105	135	-	135	105	150	-	135	105	180	-	135
	Boa	105	75	-	135	105	90	-	135	105	120	-	135
25 a 50 milhões	Pobre	105	180	90	135	105	210	90	135	105	245	90	135
	Média	105	165	-	135	105	180	-	135	105	230	-	135
	Boa	105	105	-	135	105	120	-	135	105	150	-	135
50 a 75 milhões	Pobre	105	210	90	135	105	230	90	135	105	260	90	135
	Média	105	180	-	135	105	210	-	135	105	245	-	135
	Boa	105	120	-	135	105	135	-	135	105	165	-	135

1 - Baseado no Guia AASHTO de 1193 para Projeto de Estruturas de Pavimentos Flexíveis com as seguintes entradas:

Δ PSI = 1.5 a (surface HMA) = 0.44 Condição do Subleito (Módulo Efetivo):

So = 0.50 a (base HMA) = 0.44 Pobre: MR = 35 MPa

m = 1.0 a (ATB) = 0.30 Média: MR = 70 MPa

a (pedregulho) = 0.13 Boa: MR = 140 MPa

2 - O pedregulho pode ser substituído por uma porção de pedra britada quando a espessura exigida da pedra britada for de pelo menos 210 mm. A espessura mínima da pedra britada é de 105 mm quando tal substituição é feita.

3 - Áreas sombreadas indicam combinações improváveis de ESALs e confiabilidade para estradas principais.

Figura 5.1 – Espessura de Camadas de Pavimento Flexível

ESAL's do período do projeto	Condição do Subleito	Espessura da Camada ¹ (mm)			
		Revestimento em HMA		Revestimento em BST	
		Confiabilidade = 75%		Confiabilidade = 75%	
		Camada Superficial HMA	Pedregulho ²	BST	Pedregulho ²
< 100.000	Pobre	75	250	25	455
	Média	75	230	25	340
	Boa	75	230	25	280
100.000 a 250.000	Pobre	90	290	25	540
	Média	90	215	25	400
	Boa	90	215	25	305
250.000 a 500.000	Pobre	105	305	25	605
	Média	105	200	25	455
	Boa	105	200	25	340

1 - Baseado no Guia AASHTO de 1193 para Projeto de Estruturas de Pavimentos Flexíveis com as seguintes entradas:

$\Delta PSI = 1.5$

$a (BST) = 0.44$

Condição do Subleito (Módulo Efetivo):

$S_o = 0.50$

Pobre: $MR = 35 \text{ MPa}$

$m = 1.0$

$a (\text{pedregulho}) = 0.13$

Média: $MR = 70 \text{ MPa}$

Boa: $MR = 140 \text{ MPa}$

2 - O pedregulho pode ser substituído por uma porção de brita quando a espessura requerida da brita for de pelo menos 245 mm. A espessura mínima de brita é de 105 mm quando tal substituição é feita.

3 - O módulo elástico assumido para BST (EBST) é de 690 MPa.

4 - A espessura assumida para todas as camadas de BST é de 25 mm.

Figura 5.2 – Espessuras de camadas de pavimento flexível – Baixos níveis de ESAL

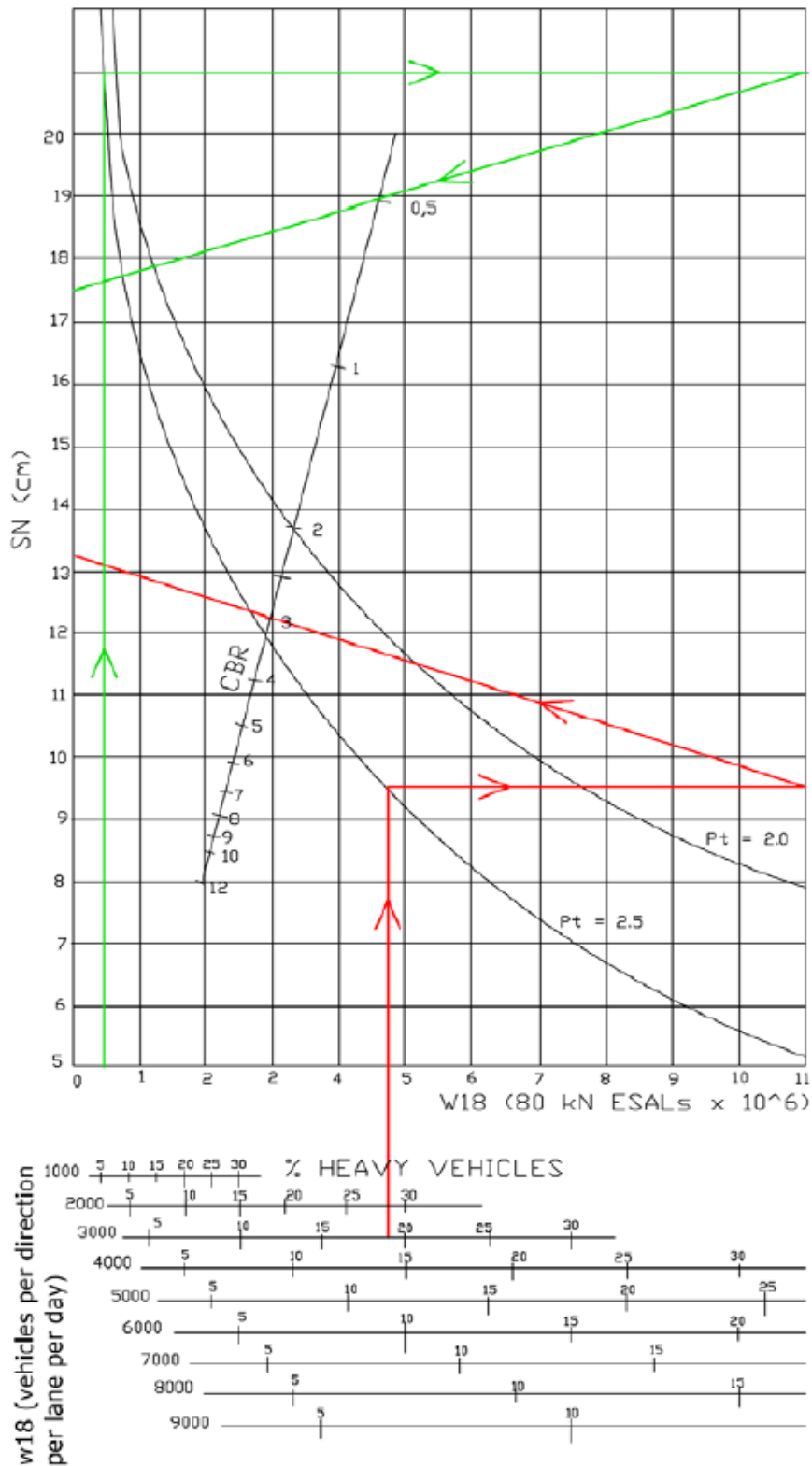


Figura 5.3 – Tráfego total W18 versus Número Estrutural SN

6. CONCEPÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

6.1. MÉTODO DE PAVIMENTAÇÃO DA AASHTO

A equação de projeto básico para pavimentos flexíveis no guia de projeto AASHTO 93 é Eq. (1).

O método AASHTO utiliza o termo Número Estrutural (SN) para quantificar a resistência estrutural de um pavimento necessário para uma determinada combinação de suporte do solo, tráfego total, confiabilidade e nível de manutenção. O SN necessário é convertido em espessura real de superfície, base e sub-base, por meio de coeficientes de camada apropriados, representando a força relativa dos materiais de construção.

A equação de dimensionamento utilizada é a seguinte:

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3 + \dots$$

Onde:

a_i = coeficiente estrutural da camada

D_i = espessura da camada correspondente, e

m_i = coeficiente de drenagem da camada

Os índices 1, 2 e 3 referem-se às camadas de concreto asfáltico, de base granular e de sub-base (se aplicável), respectivamente.

6.2. REQUISITOS DE CONCEPÇÃO

Os requisitos básicos para o projeto de pavimentos flexíveis podem ser classificados em quatro categorias: Variáveis de concepção, critérios de desempenho, propriedades dos materiais e características estruturais do pavimento, conforme descrito nos itens a seguir.

6.2.1. VARIÁVEIS DE CONCEPÇÃO

Restrições de tempo

Período de desempenho refere-se ao período de tempo que uma estrutura inicial do pavimento vai durar antes de precisar de reabilitação. Período de análise refere-se ao período de tempo para o qual a análise será conduzida, é análogo ao termo “vida útil”. A Tabela 3 apresenta diretrizes para o

período de análise. Se o projetista considerar o período de desempenho igual ao período de análise, isso significa que a estrutura inicial é considerada como duradoura em todo o período de análise.

Tabela 3 – Períodos de Análise

Condição da pista	Período de Análise
Urbana (Tráfego elevado)	30-50
Rural (Tráfego elevado)	20-50
Pavimentada (Tráfego reduzido)	15-25
Revestimento Natural (Tráfego reduzido)	10-20

Confiabilidade

O conceito de confiabilidade basicamente significa incorporar algum grau de certeza no processo de projeto para assegurar que as várias alternativas de projeto durem o período de análise. Geralmente, como o volume de tráfego, e a importância das ampliações de rodovias, o risco de não atender às expectativas deve ser minimizado. Isso é feito selecionando níveis mais altos de confiabilidade. A Tabela 4 apresenta níveis recomendados de confiabilidade para várias classificações funcionais.

Tabela 4 – Valores sugeridos de confiabilidade

Classificação Funcional	Valores recomendados de Confiabilidade	
	Via Urbana	Via Rural
Interestadual	85 - 99,9	80 - 99,9
Arterial	80 - 99	75 - 95
Coletora	80 - 95	75 - 95
Local	50 - 80	50 - 80

Para um determinado nível de confiabilidade (R), o fator de confiabilidade (FR) é definido da seguinte maneira:

$$F_R = 10^{-Z_R} \times S_0$$

Onde Z_R é o desvio padrão normal, e S_0 é o desvio padrão geral.

A variável de erro padrão combinada define com que amplitude as duas entradas básicas de projeto, tráfego e desempenho, podem variar. Seu valor deve ser selecionado para representar as condições locais. Valores típicos de S_0 são 0,40 a 0,5 para pavimentos flexíveis e 0,35 a 0,40 para pavimentos rígidos.

O valor do S_0 desenvolvido na pista da AASHTO foi de 0,45 para pavimentos flexíveis. A Tabela 5 fornece valores para confiabilidade e Z_R .

Tabela 5 – Desvio padrão normal em função do nível de confiabilidade

Confiabilidade R (%)	Desvio padrão normal (Z _R)	Confiabilidade R (%)	Desvio padrão normal (Z _R)
50	0.000	93	-1.476
60	-0.253	94	-1.555
70	-0.524	95	-1.645
75	-0.674	96	-1.751
80	-0.841	97	-1.881
85	-1.037	98	-2.054
90	-1.282	99	-2.327
91	-1.340	99.9	-3.090
92	-1.405	99.99	-3.750

O (W₁₈) para a equação de projeto (1) é determinado da seguinte forma:

$$W_{18} = w_{18} \times F_R$$

Se o designer substitui o tráfego (w₁₈) diretamente na equação de design para W₁₈, então F_R = 1 e R serão então 50%. O projetista está, portanto, tendo uma chance de 50% de que as seções projetadas não sobrevivam ao tráfego do período de análise com uma capacidade de manutenção p < pt.

Efeitos Ambientais

Para obter mais detalhes sobre os efeitos ambientais no desempenho do pavimento, consulte o “Guia AASHTO para Projeto de Estruturas de Pavimento”, 1993. Para fins desta referência técnica, a perda total na manutenção será assumida devido à carga de tráfego durante o período de análise.

6.2.2. 3.2.2 CRITÉRIOS DE DESEMPENHO

Facilidade de Manutenção

A facilidade de manutenção de um pavimento é definida como sua capacidade de atender ao tipo de tráfego que utiliza a instalação, a medida de capacidade de manutenção é o Índice de Capacidade de Serviço Principal (PSI), que varia de 0 (estrada impossível) a 5 (estrada perfeita).

O Guia 93 AASHTO usa a mudança total no índice de capacidade de serviço (ΔPSI) como o critério de design de capacidade de serviço que é definido da seguinte maneira:

$$\Delta PSI = p_o - p_t \quad (5)$$

Onde:

p_o = índice de manutenção inicial. Um valor de 4,2 foi observado no teste de estrada AASHO para pavimentos flexíveis

p_t = índice de manutenção terminal, que é baseado no menor índice que será tolerado antes da reabilitação. Um índice de 2,5 ou superior é sugerido para o projeto das principais rodovias e 2,0 para as rodovias com menores volumes de tráfego.

Os valores sugeridos são mostrados na Tabela 6.

Tabela 6 – Valores sugeridos para p_o - p_t

Tipo de Rodovia	P_t	P_o	P_o
		Concreto	HMA
Interestadual	3.0	4.5	4.2
Estadual	2.5	4.5	4.2
Municipal	2.0	4.5	4.2

Módulo resiliente do solo

A equação de projeto empírica AASHTO (1) é baseada no módulo resiliente MR que é correlacionado com o valor de CBR do solo de fundação pela Eq. (6).

$$E_{SG} \text{ (ou } M_R) \text{ [psi]} = 1500 \times \text{CBR} \quad (6)$$

$$E_{SG} \text{ (ou } M_R) \text{ [kPa]} = 10335 \times \text{CBR}$$

Os coeficientes de camada são relações empíricas entre o número estrutural (SN) e as espessuras das camadas que expressam a capacidade relativa de um material funcionar como um componente estrutural do pavimento. A magnitude do coeficiente da camada é uma função do módulo da camada de material. Tabela 9 fornece valores de referência.

LAYER	MATERIAL	Marshall stability (kg)	Strength at 7 days (kPa)	CBR	LAYER COEFFICIENT
Surface	bituminous concrete	1.000			0,45
	bituminous concrete	950			0,44
	bituminous concrete	770			0,40
	bituminous concrete	650			0,37
	bituminous concrete	410			0,30
	bituminous slurry	770			0,40
	bituminous slurry	580			0,35
	bitumated gravel	140			0,20
Base	bitumated mix	770			0,33
	bitumated mix	670			0,30
	bitumated mix	550			0,27
	bitumated mix	410			0,24
	bitumen stabilized	270			0,20
	bitumen stabilized	180			0,18
	bitumen stabilized	140			0,16
	cement stabilized		46		0,23
	cement stabilized		32		0,20
	calcium stabilized		21		0,15
	calcium stabilized		13		0,12
	crushed gravel			110	0,14
	crushed gravel			90	0,13
	mixed granular soil			70	0,12
mixed granular soil			50	0,10	
Subbase / Foundation	crushed gravel			90	0,14
	mixed granular soil			70	0,13
	mixed granular soil			50	0,12
	mixed granular soil			30	0,11
	naturally stabilized mix			20	0,10
	naturally stabilized mix			10	0,075
	naturally stabilized mix			5	0,05

Tabela 9 – Coeficientes de camadas

Coeficientes de drenagem

As características de drenagem do pavimento são contabilizadas através do uso de coeficientes de camada modificada. A Tabela 11 apresenta as definições dos níveis de drenagem sugeridos no guia AASHTO. A drenagem da camada betuminosa (camada 1) não é considerada no projeto.

Uma camada de drenagem deve ser incorporada na estrutura da estrada para permitir a remoção da água no menor tempo possível. A camada de drenagem pode coincidir com o curso de base é a sua permeabilidade é suficientemente alta.

Qualidade da drenagem	Duração da drenagem
Excelente	2 horas
Bom	1 dia
Razoável	1 semana
Ruim	1 mês
Muito ruim	Não ocorre drenagem

Tabela 11 – Definições dos níveis de drenagem

O projeto hidráulico da camada permeável é realizado com a abordagem tempo-dreno, que significa simplesmente o tempo necessário para uma drenagem da porcentagem da água livre (por exemplo, 50%), após um evento de umidade em que a seção do pavimento se torna saturado.

A abordagem de tempo para drenagem assume o fluxo de água na seção do pavimento até que fique saturado (a camada de drenagem mais o material acima da camada de drenagem). O excesso de precipitação não entrará na seção do pavimento depois de estar saturado; essa água simplesmente escorrerá pela superfície do pavimento. Após o evento de chuva, a camada de drenagem será drenada para o sistema de esmerilado. Os engenheiros devem projetar a camada permeável para drenar de forma relativamente rápida para evitar que o pavimento seja danificado.

Um tempo-para-dreno de 50% da água drenável em 1 hora é recomendado como um critério para as estradas da mais alta classe com a maior quantidade de tráfego (FHWA, 1992). Para a maioria das outras rodovias de alto uso, recomenda-se um tempo de drenagem de 50% da água drenada em 2 horas. Para estradas secundárias, recomenda-se um valor alvo mínimo de 1 dia (Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA, 1992). Em todos os casos, o objetivo da drenagem é remover toda a água drenada o mais rápido possível.

Um diagrama de projeto simplificado para determinar um tempo-dreno de 50% do fator tempo, T50, é fornecido na Figura 3. Este gráfico foi desenvolvido para um grau (ou seja, direção) de drenagem e é adequado para a maioria dos projetos.

O tempo é baseado na geometria da camada de drenagem (por exemplo, uma camada de base permeável). A geometria inclui as setas resultantes (SR) e comprimento (LR); a espessura da camada de drenagem (H), que é o comprimento que a água deve percorrer dentro de uma camada dada; e a porcentagem drenada (U) (isto é, 50%). A SR e LR são baseados no tamanho real da mudança e são sensíveis ao encontro das tendências de pavimento transversal e longitudinal (SX e S, respectivamente) e comprimentos (Lx e L, respectivamente). O comprimento é medido desde o ponto alto na seção transversal do pavimento até ao ponto em que ocorre uma mudança (isto é, seção edgedrain ou luz do dia).

Os fatores intrínsecos que representam as capacidades de drenagem da base da camada de drenagem são representados pela porosidade efetiva (N_0) e pelo coeficiente de permeabilidade (k). A porosidade efetiva é a razão do volume de água que pode drenar sob a gravidade do material para o volume total do material. É uma medida da quantidade de água que pode ser drenada de um material. O valor pode ser facilmente determinado saturando uma amostra de material e medindo a quantidade de água que drena. Informações adicionais sobre a determinação dessas características para as camadas de drenagem agregadas são abordadas em detalhes em FHWA, 1992.

O cálculo do tempo de drenagem para a estrutura rodoviária real, necessário para definir a qualidade da drenagem da tabela 14, pode ser realizado da seguinte forma (ver figura 4):

Inclinação resultante: $S_R = (S + S_x^2)^{1/2}$

Comprimento resultante: $L_R = W (1 + (S/S_x)^2)^{1/2}$

Fator de inclinação: $S_I = L_R S_R / H$

Fator horário: $T_{50} = \text{função de } S_I$

“m” fator m (dias): $m = (N_0 L_R^2) / (k H)$

Tempo de drenagem: $t = 24 T_{50} m$

Onde:

W = largura da base permeável (m)

S = declividade longitudinal (m/m)

S_x = declividade transversal (m/m)

H_{BC} = espessura da camada drenante (m)

N_0 = porosidade efectiva da camada de drenagem (isto é, a relação do volume de água que pode drenar de um material para o volume total)

K = coeficiente de permeabilidade da camada de drenagem (m/dia).

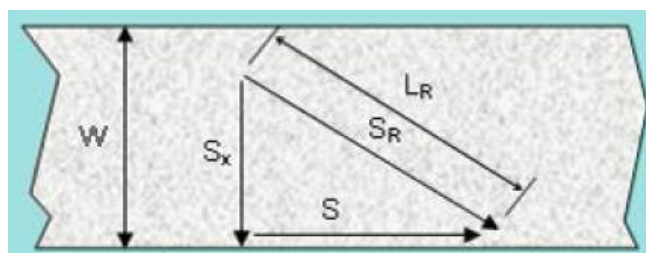


Figura 6.1 – Esquema do cálculo do tempo de drenagem

A Tabela 15 apresenta os valores mi recomendados pela AASHTO em função da qualidade da drenagem e do percentual de tempo durante o ano em que a estrutura do pavimento estaria normalmente exposta a níveis de umidade próximos da saturação.

Qualidade da drenagem	Porcentagem de tempo que a estrutura do pavimento é exposta a níveis de umidade próximos da saturação			
	Menor que 1%	1-5%	2-25%	Maior que 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - .120	1.20
Bom	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Razoável	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Ruim	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muito ruim	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Tabela 15 – Valores recomendados de mi em função da qualidade da drenagem

6.3. ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇO

As principais Especificações Técnicas relacionadas aos serviços de pavimentação previstos no presente Projeto São:

- ⇒ **DNER ES 299/97** - Regularização do subleito;
- ⇒ **DNER ES 301/97** – Sub-base Estabilizada Granulometricamente;
- ⇒ **DNER ES 303/97** - Base Estabilizada Granulometricamente;
- ⇒ **DNIT 137/2010-ES** – Pavimentação – Regularização do subleito – Especificação de serviço.

7. PROJETO DE SINALIZAÇÃO

O projeto foi baseado nas normas de sinalização horizontal e vertical de regulamentação, advertência e de orientação, estabelecidas pelos Manuais de Sinalização do CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito, Código de Trânsito Brasileiro – CTB e suas resoluções, complementadas pelos manuais de Sinalização Urbana editado pela CET- Companhia de Engenharia de Tráfego / SP, e as normas da ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas.

O presente documento tem como objetivo principal estabelecer as normas para execução e implantação da sinalização de trânsito das vias a serem pavimentadas na Etapa 1 nas vias de Luís Eduardo Magalhães, tendo como princípios:

- Ordem e atendimento da regulamentação;
- Orientação do tráfego;
- Redução de conflitos, dúvidas e acidentes de trânsito, principalmente envolvendo condutores e pedestres.
- Apresentar uma sinalização voltada a promover a segurança do trânsito das pessoas, sejam: pedestres, passageiros, condutores de veículos não motorizados e motorizados.
- Apresentar uma sinalização voltada a informar e orientar os deslocamentos dos usuários das vias.

Vale ressaltar que o piso tátil e rampas de acesso à pedestre serão construídos na Etapa 2 do projeto, junto com a construção das calçadas.

7.1. JUSTIFICATIVA

O artigo 88 do CTB- Código Brasileiro de Trânsito estabelece o seguinte:

“Art. 88. Nenhuma via pavimentada poderá ser entregue após sua construção, ou reaberta ao trânsito após a realização de obras ou de manutenção, enquanto não estiver devidamente sinalizada, vertical e horizontalmente, de forma a garantir as condições adequadas de segurança na circulação”.

7.2. SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

É composta de linhas, marcações, símbolos e legendas, pintados sobre a pista. Tem como função organizar, controlar e orientar tráfego de veículos e pedestres e complementar a sinalização vertical.

Foram utilizados os seguintes tipos de traçado:

- Linhas longitudinais de fluxo;
- Faixa de pedestre;
- Setas horizontais;

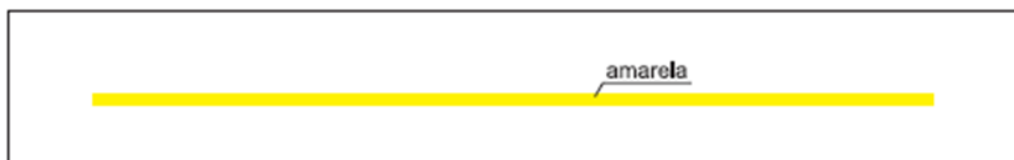
7.2.1. Linhas Longitudinais Divisórias de Fluxo (Sh1)

Os tipos de linhas longitudinais divisórias de fluxos a serem utilizadas no projeto deverão ser:

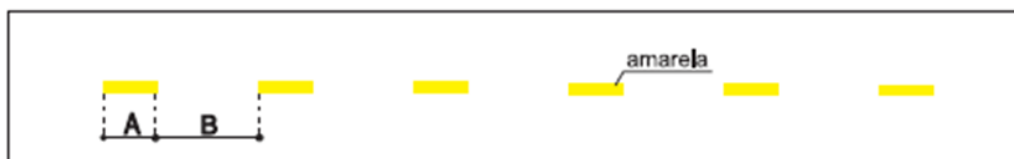
- a - Contínuas: simples ou dupla em locais onde for proibida a ultrapassagem ou transposição, na cores branca em fluxos de mesmo sentido e na cor amarela para fluxos opostos.
- b - Tracejadas: seccionadas com espaçamentos de extensão igual ou maior que o traço, (2m x 4m) em locais onde for permitida a ultrapassagem e a transposição, sendo de cor branca (mesmo fluxo) e amarela (fluxos opostos).

De acordo com as características das vias, as espessuras das linhas serão de 0,15m e de 0.10 m. A seguir estão transcritos o que estabelece o CTB para a sinalização horizontal que será adotada no projeto.

SIMPLES CONTÍNUA



SIMPLES SECCIONADA



DUPLA CONTÍNUA/SECCIONADA



Figura 7.1 – Exemplo de linha de divisão de fluxos opostos

Estas devem seguir a características a seguir:

Quadro 7.1 – Características das linhas longitudinais.

	Largura das linhas (m)	Distância entre linhas (m)	Relação entre A e B	Cor
Máxima	0,15	0,15	1:3	Amarela
Mínima	0,10	0,10	1:2	

CONTÍNUA



SECCIONADA



Figura 7.2 – Exemplo de linha de divisão de fluxos do mesmo sentido

As linhas divisórias de mesmo fluxo estão na cor branca. No projeto foram adotados os seguintes parâmetros para os dois tipos de linha (fluxos opostos e no mesmo sentido):

Quadro 7.2 – Linhas divisórias de fluxos

Linhas divisórias de fluxos
A= 2 m
B= 4 m

7.2.2. Faixa de pedestres (SH3)

A faixa de pedestres é regulamentada como local de travessia para pedestres e deve seguir as dimensões apresentadas na Figura 3.5 seguir:



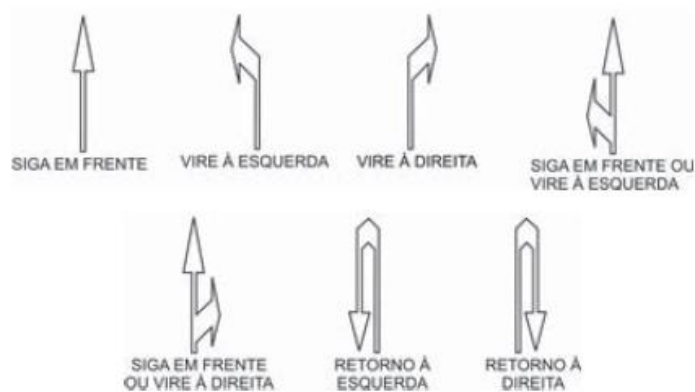
- Largura da linha - A:
 - mínima 0,30 m
 - máxima 0,40 m
- Distância entre as linhas - B:
 - mínima 0,30 m
 - máxima 0,80 m
- Largura da faixa - C:
 - em função do volume de pedestres e da visibilidade
 - mínima 3,00 m
 - recomendada 4,00 m

Figura 7.3 – Característica da faixa de pedestre

7.2.3. Setas direcionais (SH4)

A seguir são indicados os tipos de setas direcionais que serão usadas para sinalização horizontal.

a) Setas Direcionais



- Comprimento da seta:
 - Fluxo veicular:
 - mínimo 5,00 m
 - máximo 7,50 m
 - Fluxo pedestre (somente seta "Siga em Frente" com parte da haste suprimida):
 - mínimo 2,00 m
 - máximo 4,00 m
- Cor: branca

Figura 7.4 – Tipos de setas direcionais

As setas adotadas serão as indicadas para fluxo veicular mínimo, ou seja, 5 metros.

7.3. ESPECIFICAÇÃO DA SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

O quadro a seguir apresenta os tipos de sinalização horizontal que podem ser adotados no projeto, com suas respectivas características referentes a durabilidade.

Quadro 7.3 - Durabilidade do material

Material	Durabilidade
Termoplástico extrudado amarelo ou branco com espessura de 3.0mm	24 meses com cobertura plena

7.4. SINALIZAÇÃO VERTICAL

7.4.1. Funções e Características

Quadro 7.4 – Funções e características da sinalização vertical

Tipo	Regulamentação:	Advertência;	Indicação.
Definição	Informam proibições, obrigações ou restrições no tráfego.	Alertam para as condições potencialmente perigosas	Identificam os destinos e opções de deslocamentos
Cores	Fundo - Branco. Tarja - Vermelha. Orla - Vermelha. Símbolos - Preto. Letras - Pretas.	Fundo – Amarelo. Orla Interna - Preta. Orla Externa - Amarela. Símbolos- Pretos Legendas – Pretos	Fundo – Verde ou Azul Orla Interna - Brancas. Orla Externa - Verde. Legendas - Branca.
Forma	Circular Exceção: Octogonal	Quadrada	Retangular
Dimensões	Diâmetro = 0, 50 m Orla e tarja = 0.050m L= 0.25m (octogonal)	Lado = 45 cm	Variável

7.4.2. Tipos de Placas

Sinalização de Regulamentação

Estabelece as obrigações restrições e proibições para os condutores das vias. A desobediência às indicações deste grupo de placas é considerada infração de trânsito, podendo gerar multa e pontuação negativa no cadastro dos condutores dos veículos notificados.

As placas utilizadas no projeto deverão ter os formatos circular e octogonal de acordo com o seguinte:

Quadro 7.5 – Sinalização vertical circular

Forma		Cor	
 OBRIGAÇÃO/ RESTRIÇÃO	 PROIBIÇÃO	Fundo	Branca
		Símbolo	Preta
		Tarja	Vermelha
		Orla	Vermelha
		Letras	Preta

Quadro 7.6 – Sinalização vertical octogonal e triangular



Sinal		Cor	
Forma	Código		
	R-1	FUNDO	VERMELHA
		ORLA INTERNA	BRANCA
		ORLA EXTERNA	VERMELHA
		LETRAS	BRANCA
	R-2	FUNDO	BRANCA
		ORLA	VERMELHA




Figura 7.5 – Placas de sinalização de regulamentação de acordo com o CTB

Sinalização de Advertência

Adverte aos condutores sobre situações de perigo na via, indicando que os mesmos deverão trafegar com cuidado e atenção. Estas placas apenas advertem, e desse modo não geram notificação de infração de trânsito. As sinalizações de advertência aqui utilizadas terão a forma quadrada e tem as seguintes características do Quadro 4.4 a seguir:

Figura 7.6 – Características das Placas de Advertência

Forma	Parte	Cor
	Fundo	Amarela
	Símbolo	Preta
	Orla interna	Preta
	Orla externa	Amarela
	Legenda	Preta

A seguir estão alguns exemplos de Placas de Sinalização de Advertência regulamentadas de acordo com o Código de Trânsito Brasileiro.



Figura 7.7 – Placas de Sinalização de Advertência de acordo com o CTB

Sinalização de Indicação

A sinalização de indicação é usada para identificação de regiões de interesse de tráfego e logradouros, bairros e avenidas. Ela tem função de indicar ao condutor a direção que este deve seguir para alcançar seu lugar de objetivo, orientando assim o percurso e/ou distâncias. As placas são de dois tipos:

- Indicativas de destino e sentido;
- De identificação de Regiões de Interesse de Tráfego e Logradouros.

Neste projeto serão utilizadas Placas de Identificação de Logradouros, cujas características deverão seguir o

Quadro 7.7.

Quadro 7.7 – Características das placas de identificação

Forma		Cor
Retangular	Fundo	Azul
	Orla interna	Branca
	Orla externa	Azul
	Tarja	Branca
	Legendas	Branca

Seguindo as dimensões mostradas no Quadro 7.8 seguir:

Quadro 7.8 – Dimensões mínimas de placas de identificação

Parte	Dim. (m)
Altura das letras	0,10
Orla interna	0,02
Orla externa	0,01
Tarja	0,01

Na Figura 7.8 a seguir é apresentado um exemplo de placas de identificação de logradouro:



Figura 7.9 – Placas de indicação de identificação de logradouro do projeto de sinalização

7.4.3. Forma de Implantação

A seguir estão transcritos dos manuais DENATRAN as formas de implantação da sinalização vertical.

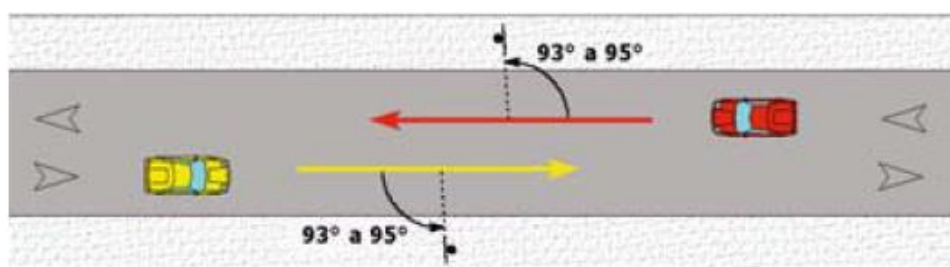


Figura 7.10 – Ângulo de visão das placas

7.4.4. Forma de fixação da sinalização vertical

Placas de Regulamentação

Em vias urbanas, a borda inferior da placa ou do conjunto de placas colocadas lateralmente à via, deverão estar em altura livre entre 2 e 2,5 metros de distância em relação ao solo, mesmo para mensagem complementar se houver. Dessa forma instaladas, as placas não irão prejudicar a iluminação pública, nem, portanto provocar impacto com o trânsito de pedestres, ficando até livres do encobrimento causado pelos veículos.

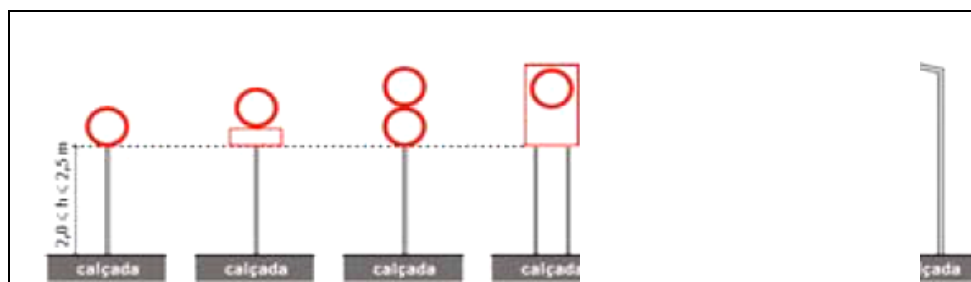


Figura 7.11 – Forma de instalação de placas de regulamentação

O afastamento lateral das placas, sendo medido da borda lateral da mesma até a borda da pista, deverá ser de no mínimo 30 cm para os trechos de via, enquanto para trechos de curva passará a ser de no mínimo 0,40 cm.

Placas de Advertência

Em vias urbanas, a borda inferior da placa ou do conjunto de placas colocadas lateralmente à via, deverão estar em altura livre entre 2 e 2,5 metros de distância em relação ao solo, inclusive para a

mensagem complementar, se esta existir. As placas assim colocadas se beneficiam de iluminação pública e provocam menor impacto na circulação de pedestres, assim como, ficam livres do encobrimento causado pelos veículos mesmo para mensagem complementar se houver. Dessa forma instaladas, as placas não irão prejudicar a iluminação pública, nem, portanto provocar impacto com o trânsito de pedestres, ficando até livres do encobrimento causado pelos veículos.

O afastamento lateral das placas, sendo medido da borda lateral da mesma até a borda da pista, deverá ser de no mínimo 30 cm para os trechos de via, enquanto para trechos de curva passará a ser de no mínimo 0,40 cm.

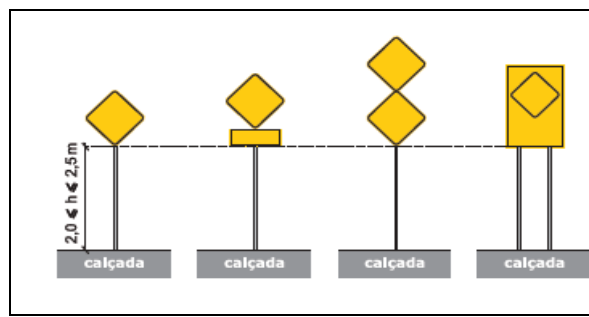


Figura 7.12 – Forma de instalação de placas de advertência

7.4.5. Dimensionamento das Placas

O dimensionamento das placas de indicação, advertência e regulamentação, bem como tamanhos de letras, deverão obedecer ao Código de Trânsito Brasileiro e os critérios estabelecidos pelo manual de sinalização vertical do CONTRAN- Conselho Nacional de Trânsito.

É importante ressaltar que no presente trabalho levou-se em conta a distância de visibilidade mínima para assegurar a legibilidade a uma determinada distância entre o condutor e a placa de sinalização, estando ambas relacionadas com a velocidade máxima praticada nas vias de projeto.

7.4.6. Especificações dos Materiais

Os materiais a serem usados na confecção das placas serão os convencionais utilizados em sinalização, ou seja, com chapa NR18, (sendo as de orientação emolduradas em madeira), perfeitamente planas, lisas, isentas de rebarbas ou bordas cortantes, fundo em *Wash primer*, a base de cromato de zinco. Na face principal deverá ser aplicada tinta automotiva semifosca, onde serão aplicadas as películas refletivas. Na face oposta, as placas deverão ser pintadas de preto semifosco.

As películas refletivas deverão ser utilizadas, nas letras, números, símbolos, sinais e setas, e fundo das placas de regulamentação (octogonal, triangular, e circular vermelha) e de advertência (quadradas, nas cores amarela) de forma a possibilitar a leitura e compreensão no período noturno. Deverão ser utilizadas películas refletivas, grau diamante, nos seguintes componentes das placas:

- Tarjas
- Letras
- Símbolos
- Setas
- Números
- Pictogramas

A recomendação é que as películas sejam do tipo CALON II- ARLON / HIPER-TAC, ou similar.

Figura 7.13 – Especificação da sinalização vertical.

Especificação	Aplicação
Placas de regulamentação e advertência em aço, totalmente refletivas com películas grau técnico, dimensões variadas, inclusive acessórios de fixação.	Ao longo das vias em colunas de aço
Placas de nome de ruas em alumínio, moduladas, espessura 2,00mm, totalmente refletivas com película grau técnico, com dimensões e acessórios de fixação diversos..	Ao longo das vias em colunas de aço
Coluna cilíndrica em aço galvanizado 3 1/2" x 5,0m x 4,25mm	Fixação de placas de regulamentação, advertência, confirmação e alerta de perigo.

Figura 7.14 – Especificação das películas refletivas- (Reflecta-cal Reflective vinyl film series 2400/ 2450) ou similar

Cor	Especificação	Uso
Preta	3 Black	Setas, números, letras e símbolos.
Branca	02 White	Fundo das placas de regulamentação, setas números, símbolos e letras.
Vermelha	01 RED	Bordas das placas de regulamentação, e fundo da placa PARE.
Amarela	06 Yellow	Fundo das placas de advertência.

Detalhes dos elementos utilizados para fixação de placas nos postes e pórticos.

a) Fitas de Aço:

- **Espessura:** 1/2" ou 3/4";
- Embalagem: Rolos de 30 metros;
- Especificações: Fitas em Aço Galvanizado à Fogo ou Inox.



Figura 7.15 – Fitas de aço

b) Abraçadeiras em Aço Galvanizado, nas seguintes opções:

- Simples; Duplas; Trilhos;
- Chapas; Perfil "U"; Perfurada;
- De 2 ½"; De 3 "; De 4".



Figura 7.16 – Abraçadeiras em aço galvanizado

Para a fixação das placas serão utilizadas colunas PP, com as seguintes características:

- Ø 63,5 mm;
- Espessura: 3,35 mm;
- Comprimento: 3,60 mts;

- Utilizado em placas de regulamentação e advertência.



Figura 7.17 - Placa de sinalização com fixação por coluna PP, em tubo de aço galvanizado

ANEXOS

Em **ANEXO** encontram-se apresentados os elementos previstos para serem executados na **Etapa 1** da obra, listados a seguir:

⇒ PROJETO GEOMÉTRICO E DE TERRAPLENAGEM

- ◆ NOTAS DE SERVIÇO;
- ◆ PLANILHAS DE VOLUMES;
- ◆ PEÇAS GRÁFICAS:

⇒ PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

- ◆ BOLETINS DE SONDAGEM A TRADO;
- ◆ ENSAIOS DE LABORATÓRIO;
- ◆ MEMÓRIA DE CÁLCULO DA PAVIMENTAÇÃO;

⇒ PROJETO DE SINALIZAÇÃO

- ◆ PEÇAS GRÁFICAS:

⇒ PROJETO GEOMÉTRICO E DE TERRAPLENAGEM

◆ NOTAS DE SERVIÇO

◆ PLANILHAS DE VOLUMES

◆ PEÇAS GRÁFICAS

⇒ PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

◆ BOLETINS DE SONDAGEM A TRADO

◆ ENSAIOS DE LABORATÓRIO

◆ MEMÓRIA DE CÁLCULO DA PAVIMENTAÇÃO

⇒ PROJETO DE SINALIZAÇÃO

◆ PEÇAS GRÁFICAS