



TREVO DO BAIRRO SANTA RITA
RELATÓRIO TÉCNICO DE PROJETO

NOVEMBRO DE 2019

Referências Cadastrais

Cliente	Prefeitura Municipal de Pouso Alegre
Localização	Pouso Alegre, Minas Gerais
Título	Trevo do Bairro Santa Rita
Contato	José Carlos Costa
E-mail	josecarloscostacmg@gmail.com
Líder do Projeto:	Aloísio Caetano Ferreira
Coordenador:	Denis de Souza Silva
Projeto/centro de custo:	26/2019-55
Data do documento:	01/11/2019

Elaborador/Autor	Flávia Cristina Barbosa	Engenheira Civil
Verificador/aprovador	Denis de Souza Silva	Coordenador do projeto

Isenção de Responsabilidade:

Este documento é confidencial, destinando-se ao uso exclusivo do cliente, não podendo ser reproduzido por qualquer meio (impresso, eletrônico e afins) ainda que em parte, sem a prévia autorização escrita do cliente.

Este documento foi preparado pela Dac Engenharia com observância das normas técnicas de Pouso Alegre e em estrita obediência aos termos do pedido e contrato firmado com o cliente. Em razão disto, a Dac Engenharia isenta-se de qualquer responsabilidade civil e criminal perante o cliente ou terceiros pela utilização deste documento, ainda que parcialmente, fora do escopo para o qual foi preparado.



Equipe Técnica

Responsável Técnico – Projetos Cíveis

Flávia Cristina Barbosa Engenheira Civil	
Nº CREA: MG 187.842/D	Nº ART:

Coordenação

Denis de Souza Silva	
Nº CREA: MG 127.216/D	Engenheiro Hídrico

Elaboração

Rafael Bergamasco	Engenheiro Hídrico
German Lozano	Engenheiro Mecânico
William Baradel Lari	Engenheiro Civil
Fabiana Yoshinaga	Engenheira Civil
Camila Andrade	Engenheira Civil
Thais Coimbra	Engenheira Civil
Diego Moutinho Caetano	Engenheiro Civil
Pedro Justiniano	Estag. Engenharia Civil
Lucas Simões Kubo	Estag. Engenharia Civil
Igor Paiva Lopes	Estag. Engenharia Hídrica
Marta Ribeiro	Estag. Engenharia Civil
Felipe Guimarães Alexandre	Estag. Engenharia Civil



Índice

1.	OBJETO	1
2.	LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO.....	2
2.1.	DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE VOO	2
2.2.	CAPTURE DE IMAGENS	3
2.3.	EQUIPAMENTO UTILIZADO	3
2.4.	RASTREAMENTO GEODÉSICO DE PONTOS DE CONTROLE	4
2.5.	PROCESSAMENTO DAS INFORMAÇÕES	5
3.	ESTUDO GEOTÉCNICO	6
3.1.	CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS E GEOLÓGICAS DO LOCAL	6
4.	ESTUDOS HIDROLÓGICOS.....	9
4.1.	METODOLOGIA APLICADA	9
4.2.	MÉTODO RACIONAL	9
4.2.1.	Coeficiente de Escoamento Superficial	10
4.2.2.	Tempo de Concentração e Período de Retorno	10
4.2.3.	Intensidade de Precipitação	11
4.2.4.	Vazão.....	11
5.	PROJETO GEOMÉTRICO	12
5.1.	PARÂMETROS DE CONCEPÇÃO DO ACESSO VIÁRIO	12
5.2.	CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS	12
5.2.1.	Veículo de Projeto	12
5.2.2.	Velocidade Diretriz.....	12
5.3.	APRESENTAÇÃO DO PROJETO GEOMÉTRICO	13
5.3.1.	Em Planta:.....	13
5.3.2.	Em Perfil:.....	13
5.4.	LOCAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO	13
6.	PROJETO DE TERRAPLENAGEM.....	14
6.1.	TALUDES PROJETADOS	14
6.2.	RESUMO DAS QUANTIDADES	14
6.3.	MÉTODO DE CÁLCULO UTILIZADO	15
6.4.	ORIENTAÇÕES DE PROJETO	15
6.4.1.	Serviços Topográficos	16
6.4.2.	Desmatamento, Destocamento e Limpeza.....	16
6.4.3.	Corte do Terreno	17
6.4.4.	Aterro	17
6.4.5.	Material de Aterro	18
7.	PROJETO DE DRENAGEM	19
7.1.	VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DE ESCOAMENTO DA SARJETA	19



8.	PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO	22
8.1.	MÉTODO UTILIZADO	22
8.2.	PARÂMETROS DO DIMENSIONAMENTO	22
8.2.1.	Número “N”	22
8.2.2.	Índice de Suporte do Subleito (CBR).....	23
8.3.	DETERMINAÇÃO DAS ESPESSURAS DAS CAMADAS DOS PAVIMENTOS	23
8.3.1.	Dimensionamento do Pavimento das Calçadas.....	26
8.3.2.	Especificações de Serviços	27
9.	PROJETO DE SINALIZAÇÃO.....	28
9.1.	SINALIZAÇÃO HORIZONTAL	28
9.1.1.	Linha “Dê a Preferência”	28
9.1.2.	Linhas de Separação de Fluxo de Sentidos Opostos	28
9.1.3.	Linhas de Separação de Fluxo do Mesmo Sentido.....	29
9.1.4.	Linha de Bordo – LBO	30
9.1.5.	Zebrado de Preenchimento da Área de Pavimento Não Utilizável – ZPA	31
9.1.6.	Linha de Canalização – LCA.....	32
9.1.7.	Símbolo “Dê a Preferência”	32
9.2.	SINALIZAÇÃO VERTICAL	33
9.2.1.	Regulamentação – “Dê a Preferência” – R-2.....	33
9.2.2.	Sentido de Circulação da Via ou Pista – R24-A.....	33
9.2.3.	Sentido de Circulação na Rotatória – R-33	34
10.	REFERÊNCIAS.....	35

ANEXO I – ESTUDO GEOTÉCNICO

ANEXO II – ESTUDO DE TRÁFEGO

ANEXO III – PLANTA DE INTERFERÊNCIAS

ANEXO IV – CROQUI DE DMT

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Coeficiente de escoamento superficial	10
Tabela 2 - Cálculo de Vazão	11
Tabela 3 - Verificação da Capacidade de Escoamento da Sarjeta	20
Tabela 4 - Tráfego por Classificação Funcional da Via	22
Tabela 5 - Tipo de Revestimento em função do tráfego	23
Tabela 6 - Coeficientes k.....	25



Lista de Figuras

Figura 1 - Trevo do Bairro Santa Rita	1
Figura 2 - Polígono de Levantamento.....	2
Figura 3 - Drone Dji MavicPro	3
Figura 4 - Localização da BASE 01 (Marco Implantado).....	4
Figura 5 – Mapa Geológico de Pouso Alegre	7
Figura 6 – Mapa pedológico de Pouso Alegre	8
Figura 7 - Sarjeta tipo B	19
Figura 8 – Características hidráulicas da sarjeta.....	20
Figura 9 – Detalhes hidráulicos da sarjeta	20
Figura 10 – Ábaco de determinação da espessura do pavimento	25
Figura 11 – Pavimento Tipo Via	26
Figura 12 - Pavimento Concreto Usinado Calçada de 5 cm.	27
Figura 13 - Posicionamento de Linha de Retenção (LDP)	28
Figura 14 - Exemplo de Faixa LFO-3.....	29
Figura 15 - Linha Simples Contínua (LMS-1).....	29
Figura 16 - Exemplo de Faixa LMS-2	30
Figura 17 - Exemplo de Faixa LBO	31
Figura 18 - Exemplo de ZPA.....	32
Figura 19 - Linha de Canalização.....	32
Figura 20 - Símbolo "Dê a Preferência"	33
Figura 21 - Tabela de Projeto	34

Lista de Equações

Equação 1 - Método Racional	10
Equação 2 - Equação de chuva intensa de Pouso Alegre	11
Equação 3 - Método de Izzard/Manning.....	19

1. OBJETO

O trevo do Bairro Santa Rita, objeto do presente estudo, está localizado na confluência entre a Avenida Vereador Hebert Campos e a Avenida Major Armando Rubens Storino, conforme Figura 1 abaixo:



Figura 1 - Trevo do Bairro Santa Rita

2. LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO

A área de levantamento totalizou cerca de 116.000,00 metros quadrados e envolve toda a área de implantação da interseção viária.



Figura 2 - Polígono de Levantamento

2.1. DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE VOO

A altitude de voo foi definida em 90,00 metros em relação ao ponto de decolagem, definida preliminarmente de modo a eliminar qualquer possibilidade de colisão do drone com as interferências existentes (redes aéreas, remanescentes florestais e outras).

As linhas de voo foram espaçadas em cerca de 30 metros lateralmente e limitadas à área do levantamento, não sendo realizados deslocamentos em área externa ao polígono apresentado na Figura 2.

A velocidade de percurso ao longo das linhas de voo foi de 20 a 30 km/h, conforme a direção e intensidade do vento.

O sobrevoo ocorreu entre às 10:30 e 12:30 horas, para se valer da melhor condição de iluminação natural.

2.2. CAPTURA DE IMAGENS

As imagens estáticas foram captadas manualmente, com sobreposição frontal de 90% e lateral de 80%.

O ângulo de visada foi de 90° para baixo durante todo o percurso.

As imagens foram captadas em resolução de 4.000 x 3.000 pixels e ISO 100, com tempo de exposição variável para compensação da luminosidade, sem geração de arraste de pixels.

2.3. EQUIPAMENTO UTILIZADO

A seguir é apresentado o equipamento utilizado para execução dos serviços relacionados: Drone Dji MavicPro, apresentado na Figura 3.



Figura 3 - Drone Dji MavicPro

O drone está equipado com uma câmera fotográfica DJI FC220, (apresentada já montada no drone na Figura 3) com as seguintes características:

- Resolução das fotos: 4.000 x 3.000 pixels (12 Mega Pixel);
- Profundidade de bits: 24 bits;
- Distância Focal: 22 a 77 mm equivalente;
- ISO (Sensibilidade): 100;
- Abertura do obturador: f/x,8;
- Tempo de exposição: variável para compensação da luminosidade;
- Ângulo de visada: 90° para baixo;
- Todas as imagens são armazenadas com coordenadas geográficas;

- Gravação de vídeo 4K em até 30 FPS, ou vídeo de 1080p em até 96 FPS;
- Sistema óptico: 9 elementos em 9 grupos, incluindo elemento esférico;
- Sensor CMOS de 1/2.3”;
- Campo de visão (FOV) de 78,8°;
- Apontamento horizontal e vertical de 90°;
- Giroscópio de 3 eixos de liberdade;
- Distância focal de 20mm.

2.4. RASTREAMENTO GEODÉSICO DE PONTOS DE CONTROLE

Não é possível garantir a exatidão dos dados processados apenas a partir das coordenadas geográficas adquiridas e armazenadas pelo drone nas imagens aéreas.

Para que o modelo digital de elevações resultante do levantamento aéreo apresente boa exatidão com o terreno imageado é necessário utilizar pontos de controle, com coordenadas topográficas conhecidas e precisas.

Neste trabalho, os pontos de controle foram obtidos por pós processamento de dados GNSS, a partir de pontos rastreados em equipamento GPS Diferencial de uma camada (DGPS Magellam Pro Mark 3 – L1).

Foi estabelecido um ponto de controle para processamento dos demais pontos rastreados. O ponto denominado Base foi estabelecido em posição mais elevada da avenida, sem cobertura vegetal que pudesse interferir no sinal dos satélites visíveis.



Figura 4 - Localização da BASE 01 (Marco Implantado)

Os pontos rastreados passaram por processo de correção ortométrica utilizando o software MapGeo 2015 v1.0 (IBGE, 2015).

As coordenadas e alturas ortométricas dos pontos são apresentadas na Prancha de Topografia.



2.5. PROCESSAMENTO DAS INFORMAÇÕES

Nesta etapa foi realizado o processamento das imagens aéreas capturadas e das coordenadas geodésicas dos pontos de controle para obtenção dos seguintes produtos:

- Nuvem de pontos do terreno;
 - Modelo tridimensional georreferenciado da área levantada, baseado nas cotas do terreno, com remoção das camadas de vegetação, edificações e outras interferências;
 - Extração de curvas de nível do terreno natural com espaçamento vertical de 1 metro;
 - Vetorização de todos os elementos definidores do terreno como linhas de pés e cristas de taludes, canaletas superficiais, guias, sarjetas, edificações, postes, árvores, redes elétricas aéreas, caminhos, acessos e outras, conforme a realidade local;
 - Compilação de planta-baixa em formato AutoCad contendo os resultados do aerolevanteamento topográfico;
 - Geração de imagem ortorretificada de alta resolução (5,0 a 10,0 cm por pixel) da área levantada, e apresentação sob a carta topográfica elaborada.
-



3. ESTUDO GEOTÉCNICO

Os estudos geotécnicos têm como objetivo a caracterização das formações geológicas ocorrentes, no sentido de definir as condições de subleito para implantação da via.

O programa de prospecção geotécnica foi elaborado após o reconhecimento de superfície da área de implantação da estrutura, tendo em consideração as características geológicas da região e a informação geotécnica necessária ao desenvolvimento do projeto.

A campanha de prospecção constou de 2 sondagens manuais a trado com coleta de amostras deformadas para realização de ensaios.

A localização dos furos é apresentada nas plantas de projeto.

3.1. CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS E GEOLÓGICAS DO LOCAL

Com relação à geologia, o município de Pouso Alegre – MG possui predominantemente depósitos aluviais (ENa), uma pequena parcela de rochas metassedimentares que compõem a Formação Pouso Alegre (NP3pa) e grandes complexos gnáissicos em seu entorno (NP2cm e NP2sjm).

Os depósitos aluviais possuem como característica – Aquíferos granulares, livres, com espessura de até 10-15m, permeabilidade entre 5 e 10 m/dia e porosidade efetiva da ordem de 10%. Águas um pouco salobras em algumas áreas.

A Formação Pouso Alegre apresenta um Aquífero granular superficial. Capacidade de produção variável em função da sua espessura e composição granulométrica.

Gnássico-Granítico – Sistema aquífero em meio fissurado. Baixas permeabilidade e porosidade. Pouco explotados através de poços. Apresentam baixa a média capacidade de produção. Águas alcalinas e com dureza elevada.

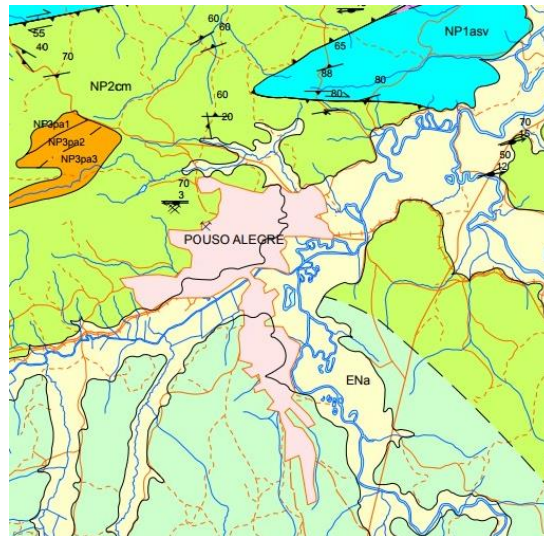


Figura 5 – Mapa Geológico de Pouso Alegre
Fonte: RIBEIRO, 2011

Onde:

- ENa: Depósitos fluviais, cascalho, areia e lama.
- NP3pa: Formação Pouso Alegre - brecha polimítica; conglomerado polimítico, arenito fedspatolítico e pelito; arenito feldspatolítico e arcóseo.
- NP2cm: Complexo gnáissico Cachoeira de Minas - ortognaisses granodioríticos a tonalíticos. Localmente fácies migmatítica, ortopiroxênio, granulito máfico com clinopiroxênio, granada, plagioclásio e hornblenda, granada quartzito (metachert) e quartzitos feldspáticos.
- NP2sjm: Complexo gnáissico São João da Mata - ortognaisse granítico/granodiorítico e paragnaisse cinzento, migmatítico, ambos localmente com ortopiroxênio. Pegmatitos e apófises graníticas. Lentes de anfibolito e localmente quartzito.

A região é composta em sua maioria por Latossolo Vermelho distrófico do típico A (LVd2) moderado de textura argilosa passível de ser encontrado na fase cerrado, relevo plano e suave ondulado. A região também possui Argilossolo vermelho-amarelo distrófico típico A (PVAAd2) moderada textura média/argilosa presente em regiões de floresta subcaducifólia, relevo suave ondulado e ondulado.

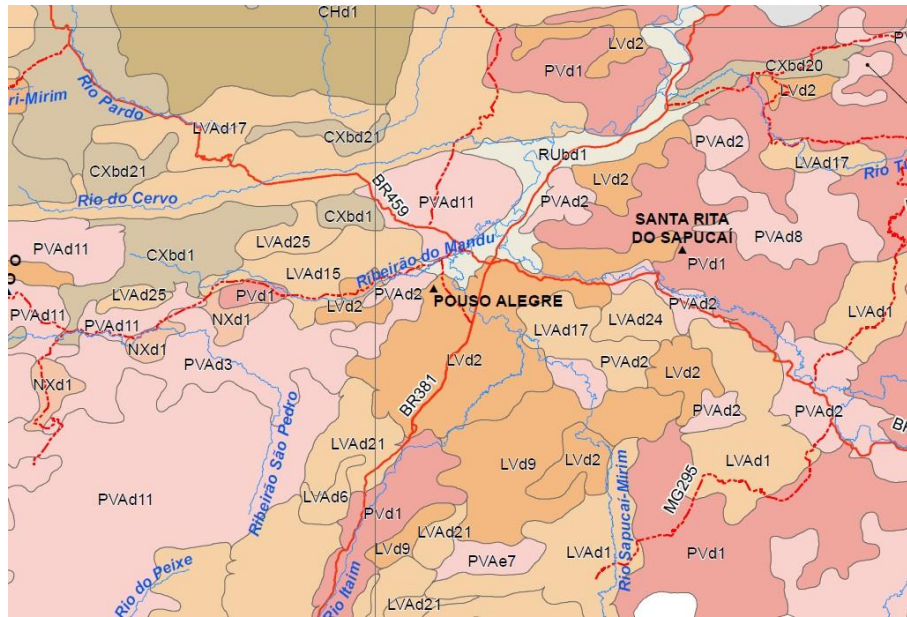


Figura 6 – Mapa pedológico de Pouso Alegre
Fonte: UFV, 2010.



4. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Os estudos hidrológicos irão determinar as descargas máximas nas áreas em estudo, a fim de dar base ao dimensionamento das estruturas hidráulicas do sistema de drenagem em questão. Para isso, é necessário o diagnóstico do regime pluvial e da natureza das precipitações intensas da região, como é apresentado a seguir.

4.1. METODOLOGIA APLICADA

Para a determinação da precipitação máxima utilizou-se a equação que correlaciona os parâmetros intensidade, duração e frequência de chuvas. Essa relação permite ainda a obtenção de precipitações máximas para diferentes Tempos de Concentração – t_c , e Períodos de Retorno – TR. Nas estimativas de vazões a partir de dados de chuva a grandeza utilizada é a Precipitação Excedente, pelo fato de esta contribuir efetivamente para a formação do escoamento superficial

As vazões de projeto podem ser estimadas através de métodos estatísticos diretos e indiretos. Estas metodologias são determinadas de acordo com as dimensões das áreas de drenagem, da seguinte forma:

- Sub-bacias com áreas de até 5 km²: utiliza-se o Método Racional;
- Sub-bacias com áreas entre 5 km² e 10 km²: utiliza-se o Método Racional Corrigido;
- Sub-bacias com área acima de 10 km²: utiliza-se o Método de Ven Te Chow.

Desta forma, para a bacia de projeto possui uma área menor que 5km², utilizou-se o método racional.

4.2. MÉTODO RACIONAL

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

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

Este método, descrito matematicamente pela Equação 4.1, representa uma relação entre a vazão máxima de escoamento superficial e a intensidade de precipitação, dependendo das seguintes variáveis para a sua determinação: tipo de solo e do uso da terra, duração e intensidade da chuva e características físicas da rede de drenagem existente.



$$Q = 0,00278 \cdot C \cdot i \cdot A$$

Equação 1 - Método Racional

Onde:

- Q: Vazão de projeto (m³/s);
- C: Coeficiente de escoamento superficial (adimensional);
- I: Intensidade da chuva de projeto (mm/h);
- A: Área de drenagem (ha).

4.2.1. Coeficiente de Escoamento Superficial

Coeficiente também denominado por deflúvio superficial ou coeficiente de “runoff”. Variável determinada em função de uma série de fatores, como o tipo do solo, ocupação da bacia, umidade antecedente, intensidade da chuva e outros. Assim, devido às diversas condições e combinações dos fatores citados, apenas parte do volume precipitado sobre a bacia atinge a seção sob a forma de escoamento superficial. Portando adotou-se um coeficiente de escoamento superficial de 0,90, conforme valores indicados na Tabela 4.1.

Tabela 1 – Coeficiente de escoamento superficial

Descrição das Áreas das Bacias Tributáveis	Coeficiente de Deflúvio “C”
Ruas	
Asfalto	0,70 a 0,95
Concreto	0,80 a 0,95
Gramados; solos arenosos	
Plano, 2%	0,05 a 0,10
Médio, 2 a 7%	0,10 a 0,15
Íngreme, 7%	0,15 a 0,20
Gramados; solo compacto	
Plano, 2%	0,13 a 0,17
Médio, 2 a 7%	0,18 a 0,22
Íngreme, 7%	0,19 a 0,35

4.2.2. Tempo de Concentração e Período de Retorno

O tempo de concentração é considerado o período, em minutos, que uma gota de água de chuva cai no ponto mais distante da bacia, demora a chegar até a seção de análise. Devido às características das curvas de intensidade, duração e frequência da chuva, o tempo de concentração inicial mínimo adotado para as bacias é de 10 minutos.

O tempo de retorno ou período de retorno de uma chuva representa o risco que o empreendimento ou projeto está assumindo no dimensionamento de uma obra hidráulica. Ou seja, qual é o grau de segurança que se deseja proporcionar ao empreendimento, sendo que



ele é o inverso da frequência com que a chuva ou vazão venha a ser igualada ou ultrapassada num ano qualquer.

Para escolher qual o tempo de retorno que irá utilizar no dimensionamento do projeto hidráulico é importante analisar os prejuízos tangíveis e intangíveis que possam vir a ser causados por eventos extremos de chuva. Portanto, para o empreendimento em questão foi adotado o período de retorno (TR) igual a 10 anos.

4.2.3. Intensidade de Precipitação

Para determinar a intensidade máxima de chuva de um determinado local há uma equação que correlaciona os parâmetros como intensidade, duração e frequência (IDF) das chuvas, e ainda permite obter valores de para diferentes tipos de tempos de concentração e tempos de retorno. Estes são definidos por uma série histórica de dados de chuvas, de mais ou menos 30 anos, do local em questão.

No empreendimento em questão, utilizou a equação de chuva do município de Pouso Alegre gerada pela interpolação de dados do software *Plúvio 2.1*. Assim, obteve-se a seguinte equação de chuva:

$$i = \frac{667,338 \cdot T^{0,184}}{(tc + 20,869)^{0,635}} = 115,478 \text{ mm/h}$$

Equação 2 - Equação de chuva intensa de Pouso Alegre

Onde:

- i – Intensidade da chuva (mm/h);
- tc – tempo de concentração (min);
- T – Período de retorno (anos).

4.2.4. Vazão

A vazão calculada sintetiza as considerações e cálculos realizados em relação ao tempo de concentração do escoamento e à intensidade de chuva, ao coeficiente de escoamento superficial e a área de contribuição de cada sub- bacia do projeto. Assim, a Tabela 2 apresenta os valores determinados para a vazão em metros cúbicos por segundo (m³/s).

Tabela 2 - Cálculo de Vazão

SUB-BACIA	C	I (mm/h)	A (m ²)	Q (m ³ /s)
SB1	0,8	115,478	797,45	0,020
SB2	0,8	115,478	727,11	0,019
SB3	0,8	115,478	1018,56	0,026
SB4	0,8	115,478	2756,14	0,071
SB5	0,8	115,478	1291,02	0,033
SB6	0,8	115,478	339,05	0,009



5. PROJETO GEOMÉTRICO

O projeto geométrico é a base do projeto viário como um todo, pois dele decorre uma série de condicionantes para os demais. Procura-se, como regra geral, escolher uma solução que seja compatível com os demais projetos.

O Projeto Geométrico foi concebido tendo como objetivo o menor impacto na área e tendo como base os estudos topográficos e os estudos geotécnicos associados à visita técnica “in loco”. Para o desenvolvimento do greide dos ramos foram adotadas cotas que possibilitassem uma melhor compensação de volumes de corte e aterro e a projeção horizontal de menor interferência nas áreas particulares.

5.1. PARÂMETROS DE CONCEPÇÃO DO ACESSO VIÁRIO

A seguir, descrevem-se os parâmetros de concepção adotados para a via de acesso.

5.2. CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS

A classificação da via, bem como as informações de tráfego, fundamenta para que o planejamento do sistema viário seja baseado na identificação das necessidades de deslocamento.

A via projetada neste trabalho visa compor o sistema viário local atendendo ao Bairro Nossa Senhora Guadalupe de forma funcional e classifica-se como via coletora, com velocidade diretriz de 40 Km/h.

5.2.1. Veículo de Projeto

O veículo de projeto adotado foi o veículo tipo SR, denominado genericamente por Semirreboque. Representa os veículos comerciais articulados, com comprimento próximo ao limite para veículos articulados, sendo constituídos normalmente de uma unidade tratora simples com um semirreboque.

A consideração de um ou outro tipo de veículo para fins de balizamento do projeto geométrico de uma via depende fundamentalmente da finalidade da via e dos volumes (e composições) previstos pelo tráfego a ser por ela atendido.

Este tipo de veículo possui raio mínimo de giro de 6,00 m, este parâmetro influencia diretamente nos raios mínimos de curvatura projetados para a via. Devido a este fator o raio mínimo de curvatura utilizado no projeto foi de 6,00m.

5.2.2. Velocidade Diretriz

Para que o veículo de projeto (SR) consiga prosseguir sob o raio de curvatura mínimo de projeto (6,00 m) a velocidade diretriz da via deve ser de 40 km/h.



5.3. APRESENTAÇÃO DO PROJETO GEOMÉTRICO

O projeto geométrico está apresentado nas pranchas 02 - FAPEPE-PMPA-RIT-GEO-PE-R00 e 03 - FAPEPE-PMPA-RIT-GEO-PE-R00, contendo os elementos a seguir:

5.3.1. Em Planta:

- Indicação dos eixos projetados com estacas marcadas a cada 20 (vinte) metros, ou menos quando necessário;
- Definição dos elementos cadastrais contidos na faixa do projeto.

5.3.2. Em Perfil:

- Comprimento e percentagens das rampas;
- Comprimento das projeções horizontais e verticais de concordância; Afastamento entre o PIV e a parábola;
- Estaqueamento da linha locada, com estacas indicadas de 20 em 20 metros; Perfil do terreno natural, pelo eixo projetado.

5.4. LOCAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO

O método de cálculo para a elaboração do projeto geométrico utilizado foi o analítico, através de microprocessador programável. Através deste processo foram calculados todos os pontos de intersecção de eixos de vias, elementos de curvas, além dos demais elementos essenciais ao projeto.

Tendo em vista as características do Sistema Viário projetado, sugere-se que seja adotada a seguinte metodologia para sua exata locação no campo:

Partindo-se de uma das linhas-base, determinar uma poligonal de referência, preferencialmente fechada, tal que seus vértices sejam os pontos notáveis dos eixos das vias, a saber: PC, PI, PT e pontos de intersecção de vias.

O erro máximo de fechamento tolerável, para efeito de locação, será de 1:2000, ou seja, um centímetro de erro para cada vinte metros medidos.

Na prancha 02 - FAPEPE-PMPA-RIT-GEO-PE-R00 são apresentadas as tabelas de locação do projeto geométrico.



6. PROJETO DE TERRAPLENAGEM

No Projeto de Terraplenagem são calculados os volumes de movimentação de terra para implantação do sistema viário. Neste projeto são definidas as proporções dos taludes, analisando a capacidade do solo para estabilidade dos cortes e corpos de aterro.

O cálculo de volume de terraplenagem foi executado através da modelagem tridimensional do terreno acabado, elaborada a partir dos perfis longitudinais das vias e notas de serviço do pavimento acabado.

Neste documento são apresentadas recomendações construtivas e métodos antierosivos necessários para garantir a estabilidade dos taludes projetados.

6.1. TALUDES PROJETADOS

Os taludes em corte deverão ter inclinação máxima de 45° ou razão de 1 por 1 (vertical e horizontal). Os taludes em aterro deverão ter inclinação máxima de +/- 34° ou razão de 1 por 1,5 (vertical e horizontal).

Nos taludes serão executadas obras de proteção contra erosão, com o plantio de grama pelo processo de enleivamento.

Os cálculos dos volumes de movimentação de terra foram desenvolvidos através do método computacional com modelagem tridimensional.

6.2. RESUMO DAS QUANTIDADES

Definidas as características geométricas dos segmentos, das seções tipos e através do programa computacional Autocad Civil 3D, são geradas automaticamente superfícies de projeto e seções transversais com áreas de cortes e aterros calculadas, sendo assim geradas automaticamente as planilhas de Volumes para cortes e aterro, apresentadas na prancha 04-FAPEPE-PMPA-RIT-GEO-PE-R00.

A seguir apresenta-se o resumo de quantidades do projeto de terraplenagem:

- Corte de material de 1ª categoria, carga, transporte, descarga e espalhamento, medido no corte717,75 m³
- Compactação de aterro em camadas de 0,20 m de espessura, com grau de compactação maior ou igual à 100% P.N, medido no aterro compactado.....1.013,10 m³
- Volume do empréstimo.....295,35 m³
- Área de plantio de grama para recobrimento dos taludes.....640,00 m³
- Área de plantio de grama para recobrimento dos taludes.....1.519,20 m³



Para elaboração de quantitativo, é considerado para fins de medição e acerto financeiro os empolamentos de materiais escavados e/ou desmontados, conforme valores apresentados abaixo:

- Argilas: 22 a 27%;
- Areias: 11 a 16%;
- Rocha: 60 a 70%;

Neste projeto foi considerado o valor de 27%, por se tratar de material argiloso.

6.3. MÉTODO DE CÁLCULO UTILIZADO

Todos os elementos analíticos foram calculados através de microprocessador programável, com erro máximo tolerável de +/- 0,05 m, tendo como fundamento teórico o estudo econômico e as normativas técnicas em vigor.

6.4. ORIENTAÇÕES DE PROJETO

O projeto de terraplenagem somente poderá ser executado após o levantamento das informações obtidas através do Levantamento Planialtimétrico Cadastral, do Projeto Geométrico, que fixa os elementos geométricos básicos, e dos Estudos Geotécnicos, que fornecem especificações de materiais e executivas.

Os serviços de terraplenagem consistirão da limpeza da faixa de movimentação de terra, extração e remoção de materiais inadequados para fundação dos aterros, execução de cortes e aterros, operação de acabamento da plataforma e dos taludes dos cortes e aterros, execução de drenagem superficial e profunda, conforme recomendações do projeto.

Tendo em vista a topografia do terreno, o projeto de terraplenagem teve os seguintes condicionantes, que deverão ser seguidos durante a execução.

- Por ocasião da execução das obras de terraplenagem deverá ser observado atentamente o comportamento do terreno.
- Todas as árvores e arbustos existentes que não impeçam os trabalhos serão devidamente protegidos e conservados.
- Os transportes serão efetuados através de meios apropriados, evitando sujar ruas e estradas e, em caso de inobservância ou acidente deverá ser providenciada a imediata remoção do material e a limpeza da via de circulação.
- O número de ensaios tecnológicos sob os aterros e cortes será o necessário e suficiente para permitir um controle estatístico das características geotécnicas do material compactado. Serão realizados no mínimo os ensaios geotécnicos recomendados pela ABNT.
- Depois de lograda a inclinação definitiva dos taludes, a superfície será aplainada e retirado o material solto e compactado.
- A via projetada deverá obedecer às cotas apresentadas na planta de terraplenagem.
- Os taludes em corte deverão ter inclinação máxima de +/- 45° ou razão de 1 por 1 (vertical e horizontal),



- Os taludes em aterro deverão ter inclinação máxima de +/- 34° ou razão de 1 por 1,5 (vertical e horizontal), recomenda-se que sua execução tenha uma sobrelargura de ao menos um metro e que após sua execução seja executado corte com motoniveladora de forma que este aterro seja formado exatamente com inclinação de 34 graus.
- Em todos os taludes, serão executadas obras de proteção contra erosão, com plantio de grama, em toda extensão do talude.
- Os serviços deverão ser executados obedecendo as Normas e Especificações Gerais das normativas vigentes.

6.4.1. Serviços Topográficos

Os serviços topográficos consistirão de implantação de referência de nível, locação da área a ser aterrada, nivelamento de cortes e de plataforma.

A locação deverá ser executada conforme projeto executivo, cabendo à fiscalização realizar as verificações para o real cumprimento da geometria de projeto.

6.4.2. Desmatamento, Destocamento e Limpeza

O desmatamento compreende o corte e a remoção e toda a vegetação, qualquer que seja a sua densidade e tipo. O destocamento e limpeza compreendem as operações de remoção total dos tocos e raízes, de escavação e remoção da camada de solo orgânico, na profundidade indicada pela fiscalização, e dos matacões encontrados nessa profundidade.

Compreende-se, ainda, como operação de limpeza, a demolição de alicerces de construções existentes dentro da faixa de serviço e a remoção conveniente dos entulhos resultantes, desde que tal demolição possa ser processada através da utilização de tratores de esteiras.

O material proveniente do desmatamento, destocamento e limpeza, será removido para bota-fora ou estocado. A remoção ou estocagem dependerá de eventual utilização, a critério da fiscalização, não sendo permitida a permanência de entulhos nas adjacências do corpo da obra, nem a sua deposição nos locais de aterros. É proibido proceder à queima do material em referência.

No caso de jazidas de empréstimos, o material proveniente do desmatamento, destocamento e limpeza deverá ser estocado em local determinado pela fiscalização ou constante do projeto, podendo eventualmente ser retransportado para as áreas de onde for retirado o material de empréstimo, após seu conveniente acabamento e acerto.

Nas áreas destinadas a cortes, a camada correspondente à média de 30 (trinta) centímetros abaixo do perfil natural deverá ficar isenta de tocos e raízes.

Os locais de bota-fora dos materiais provenientes do desmatamento, destocamento e limpeza, salvo no caso de reutilização, serão indicados pela fiscalização e/ou no projeto executivo.

Nenhum movimento de terra na área destinada à implantação dos aterros poderá ser iniciado enquanto as operações de desmatamento, destocamento e limpeza nas áreas devidas não tenham sido totalmente concluídas.



6.4.3. Corte do Terreno

Os trabalhos deverão ser executados com a cautela e segurança indispensáveis à preservação da vida dos operários e de forma a não colocar em perigo propriedades vizinhas.

O excesso de material, quando não aproveitado, deverá ser enviado ao bota-fora determinado no projeto.

Nenhuma escavação poderá ser executada com profundidade tal que cause desconfinamento do terreno de fundação de prédios vizinhos seja por diferença de nível, seja por efeito de percolação de água.

O talude deverá ser imediatamente protegido após a sua execução.

Em casos de presença de veios de água ou de ser atingido a nível freático e não previsto no projeto, será requerida de imediato a presença de especialista para não vir a ser comprometida a estabilidade do maciço.

6.4.4. Aterro

Os materiais a serem utilizados no aterro devem ter características uniformes e permitir a obtenção do grau de compactação mínimo especificado para o trabalho em causa.

Em caso algum deve ser admitida a utilização de turfas, argilas orgânicas nem materiais com matéria orgânica, micáceas ou diatomácias devendo ainda ser evitado o emprego de materiais expansivos. Igualmente, não será permitida a inclusão de troncos, tocos e raízes nos aterros.

O material dos cortes locais, que venham a ser utilizados para aterro, deve passar por processo de exame e aprovação.

Deverão ser observadas as recomendações da ABNT NB-501 (projeto) que estabelece o controle tecnológico obrigatório na execução de aterros em qualquer dos seguintes casos:

- Aterros com responsabilidade de suporte de fundações, pavimento ou estrutura de contenção;
- Aterros com altura superiores a 1 metro;
- Aterros com volumes superiores a 1.000 m³.

Os aterros e/ou reaterros, independentemente de sua área e volume, serão executadas em camadas com espessura máxima de 20 cm de terra empolada.

Em qualquer das circunstâncias, o corpo de aterro deverá atingir 98% de grau de compactação em relação ao ensaio do Proctor Normal. Para confirmação da observância desta forma, a Fiscalização recolherá amostras e procederá aos testes necessários.

A camada final de terraplenagem (CFT) deve apresentar grau de compactação de 100% do Ensaio de Proctor Normal, desvio de umidade em relação a ótima de +/- 1% (sendo a umidade ótima de 23,9%), CBR \geq 11% e expansão \leq 3%.



Somente será aceita a compactação mecânica, independentemente do volume ou dimensões da área de aterro ou reaterro.

Quando os aterros e/ou reaterros forem executados junto a prédios, vizinhos, muro de arrimo, cortinas de concreto ou taludes existentes, a compactação deverá ser feita por processo que evite fortes vibrações que ocasionarão abalos ou solapamentos nos prédios vizinhos ou terrenos limítrofes.

6.4.5. Material de Aterro

Fica a critério da contratante a escolha da jazida de material de aterro ou mesmo a utilização do material proveniente do corte, desde que o material atenda as seguintes condicionantes:

- No caso de compactação de solos com mais de 20% passante na peneira nº 200 (siltes e argilas) deverão ser utilizados rolos compactadores tipo pé-de-carneiro e a espessura da camada compactada deverá ser menor que 30 cm (após a compactação). Nos locais sem acesso a rolos, deverão ser empregados “sapos” mecânicos e espessura máxima da camada de 20 cm.
 - Quando o aterro for constituído por solos grossos (areias e pedregulhos) com menos de 12% passante na peneira nº 200, deverão ser utilizados rolos vibratórios e/ou placas vibratórias (nos locais sem acesso a rolos). Recomenda-se frequência de vibração entre 25 e 40 Hz. A máxima espessura de camada compactada deverá ser de 40 cm.
 - Deverão ser ainda adequadamente selecionadas e controladas as seguintes variáveis: peso mínimo do rolo compactador, comprimento da pata dos rolos pé-de-carneiro, velocidade de passagem do rolo (sempre inferior a 8 km/h) e número de passagens do rolo.
-

7. PROJETO DE DRENAGEM

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

7.1. VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DE ESCOAMENTO DA SARJETA

Para assegurar o bom funcionamento do escoamento superficial, as guias e sarjetas das vias públicas serão limitadas por uma lâmina d'água de largura máxima de 1,67 metros e a sarjeta adotada será do tipo B, conforme Figura 7.

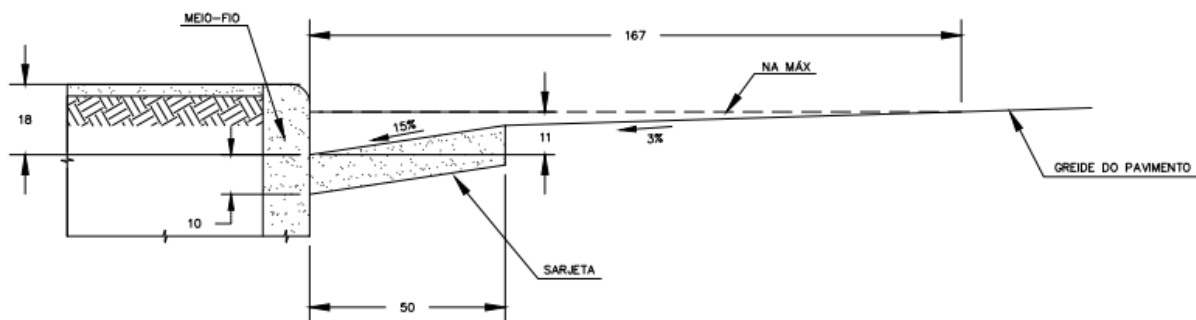


Figura 7 - Sarjeta tipo B

Sua vazão pode ser calculada pelo método de Izzard/Manning, conforme a Equação 3 - Método de Izzard/Manning a seguir:

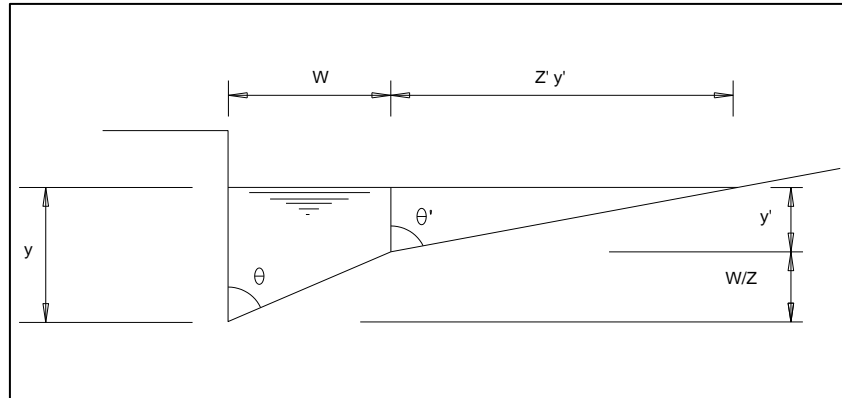
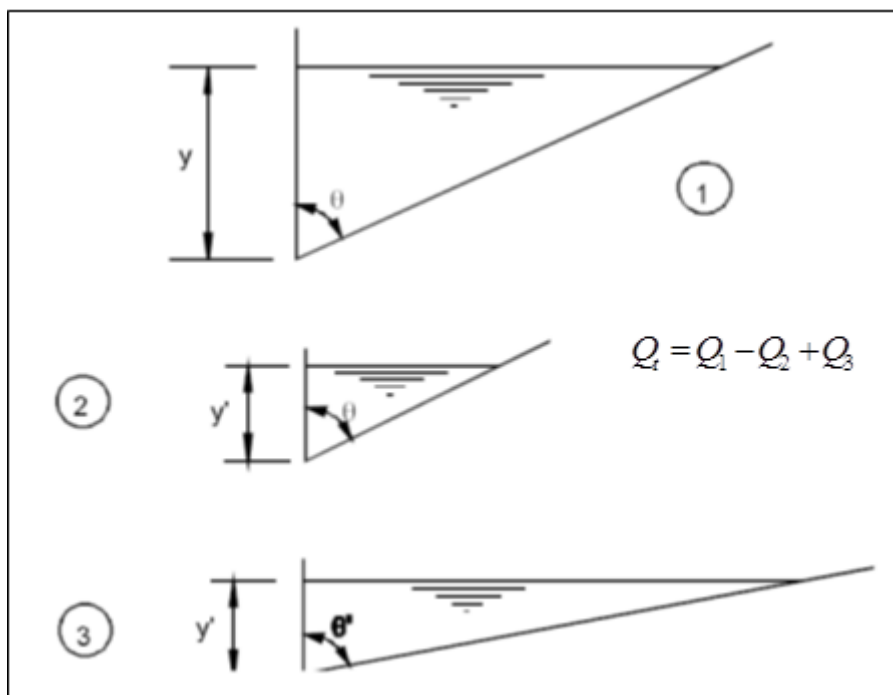
$$Q = 0,375 \frac{Z}{n} * y^{\frac{8}{3}} * \sqrt{i}$$

Equação 3 - Método de Izzard/Manning

Onde:

- Q= vazão (m³/s);
- Z= inverso da declividade transversal;
- l= declividade longitudinal (m/m);
- Y= profundidade junto à linha de fundo (m);
- n= coeficiente de rugosidade.

Considerando as características hidráulicas da sarjeta (Figura 7.2), a vazão pode ser calculada pela soma algébrica em cada uma das seções triangulares (seção da sarjeta mais seção da via, descontando sua interseção), conforme Figura 7.3.


Figura 8 – Características hidráulicas da sarjeta

Figura 9 – Detalhes hidráulicos da sarjeta

A verificação da capacidade de escoamento da sarjeta foi realizada calculando a área máxima de escoamento que a sarjeta suporta, considerando-se uma faixa de alagamento máxima de 1,67 metros. A Tabela 3 representa essa verificação.

Tabela 3 - Verificação da Capacidade de Escoamento da Sarjeta

Avenida	Declividade média	Área de influência [m ²]	Área máxima [m ²]	Verificação
A	0,17%	797,45	886,44	Ok
B	0,15%	727,11	832,67	Ok
C	12,23%	1018,56	7518,64	Ok
D	1,66%	2756,14	2770,00	Ok
E	11,28%	1291,02	7220,72	Ok
F	0,36%	339,05	1289,96	Ok



Como todas as sarjetas possuíram áreas de influências menores do que a área máxima de escoamento da mesma, ou seja, a vazão de projeto é menor do que a vazão máxima suportada por cada sarjeta, não se faz necessário a implementação de uma rede de drenagem, sendo todo o escoamento superficial drenado pelas mesmas.



8. PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

O Projeto de Pavimentação foi desenvolvido com o objetivo de fornecer o detalhamento e o dimensionamento de uma estrutura que possa suportar economicamente as repetições de eixo padrão em condições de conforto e segurança para o usuário da via projetada.

O dimensionamento das espessuras das camadas do pavimento foi determinado em conformidade com as condições gerais indicadas pelo Manual de Pavimentação do DNIT.

8.1. MÉTODO UTILIZADO

No dimensionamento do pavimento flexível, foi utilizado o método do DNER, edição 1996, do Engº Murilo Lopes Souza, baseado nas características de resistência dos solos de fundação, dos materiais de constituição do pavimento e do volume e do tipo do tráfego solicitante.

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

Um projeto de pavimento flexível deve atender limitações de tensões que possam provocar ruptura por cisalhamento, deformações permanentes e deformações recuperáveis ou elásticas.

8.2. PARÂMETROS DO DIMENSIONAMENTO

Na aplicação do método citado, é necessária a obtenção dos seguintes parâmetros:

8.2.1. Número “N”

O pavimento é dimensionado considerando a vida útil de projeto de 10 anos. E o número “N” utilizado para o dimensionamento do pavimento é estabelecido de acordo com a função predominante da via, conforme a Tabela 4 apresentado abaixo:

Tabela 4 - Tráfego por Classificação Funcional da Via

Função predominante	Tráfego previsto	Vida de projeto	Volume inicial (faixa mais carregada)		Equivalente/Veículo	N	N característico
			Veículo Leve	Caminhão/Ônibus			
Via Local	LEVE	10	100 a 400	4 a 20	1,50	$2,7 \times 10^4$ a $1,4 \times 10^5$	10^5
Via Local e Coletora	MÉDIO	10	401 a 1.500	21 a 100	1,50	$1,4 \times 10^5$ a	5×10^5



						$6,8 \times 10^5$	
Vias Coletoras e Estruturais	MEIO PESADO	10	1.501 a 5.000	101 a 300	2,30	$1,4 \times 10^6$ a $3,1 \times 10^6$	2×10^6
	PESADO	12	5.001 a 10.000	301 a 1.000	5,90	$1,0 \times 10^7$ a $3,3 \times 10^7$	2×10^7
	MUITO PESADO	12	> 10.000	1,001 a 2.000	5,90	$3,3 \times 10^7$ a $6,7 \times 10^7$	5×10^7
Faixa Exclusiva de Ônibus	VOLUME MÉDIO	12		< 500		3×10^6	10^7
	VOLUME PESADO	12		> 500		5×10^7	5×10^7

Fonte: Prefeitura de São Paulo, 2004.

A partir do estudo trafego (ANEXO II) e a projeção futura de utilização da via após a pavimentação, foi considerado o trafego de Vias Coletoras e Estruturais (MEIO PESADO). O valor de número N para o período e especificações de projeto citado acima obtido foi de $N = 2 \times 10^6$.

8.2.2. Índice de Suporte do Subleito (CBR)

Para o dimensionamento do pavimento da Avenida João Inácio Raimundo foi obtido o valor de CBR de 26,80 %, através dos ensaios geotécnicos (ANEXO I), realizado pela empresa BETONLAB (Laboratório de controle tecnológico de materiais).

8.3. DETERMINAÇÃO DAS ESPESSURAS DAS CAMADAS DOS PAVIMENTOS

A fixação da espessura mínima a adotar para os revestimentos betuminosos é um dos pontos ainda em aberto na engenharia rodoviária, quer se trate de proteger a camada de base dos esforços impostos pelo tráfego, quer se trate de evitar a ruptura do próprio revestimento por esforços repetidos de tração na flexão.

O método do DNIT recomenda as espessuras mínimas apresentadas na Tabela 5 que se segue.

Tabela 5 - Tipo de Revestimento em função do tráfego

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



$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

Fonte: DNIT, 2006.

As espessuras mínimas do revestimento são obtidas em função do número “N”. Conforme apresentado anteriormente, para o número “N” igual a 2×10^6 , como aponta a estimativa de tráfego, portanto será utilizado uma camada de Revestimento betuminoso com 5,0 cm de espessura.

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

$$R \times KR + B \times KB \geq h_{20} \quad (1)$$

$$R \times KR + B \times KB + h_{20} \times K_s \geq H_n \quad (2)$$

$$R \times KR + B \times KB + h_{20} \times K_s + h_n \times K_{REF} \geq H_m \quad (3)$$

Onde:

- R = espessura do revestimento;
- B = espessura da camada de base;
- H₂₀ = espessura sobre a sub-base;
- h₂₀ = espessura da sub-base;
- H_n = espessura sobre o reforço do subleito;
- h_n = espessura do reforço do subleito;
- H_m = espessura total do pavimento;
- KR, KB, K_s, K_{REF} = coeficientes de equivalência estrutural.

As espessuras H_m, H_n, e H₂₀ são obtidas através do ábaco apresentado na Figura 10, onde a espessura é função do número “N” e do valor do CBR do subleito, da sub-base ou do reforço do subleito.

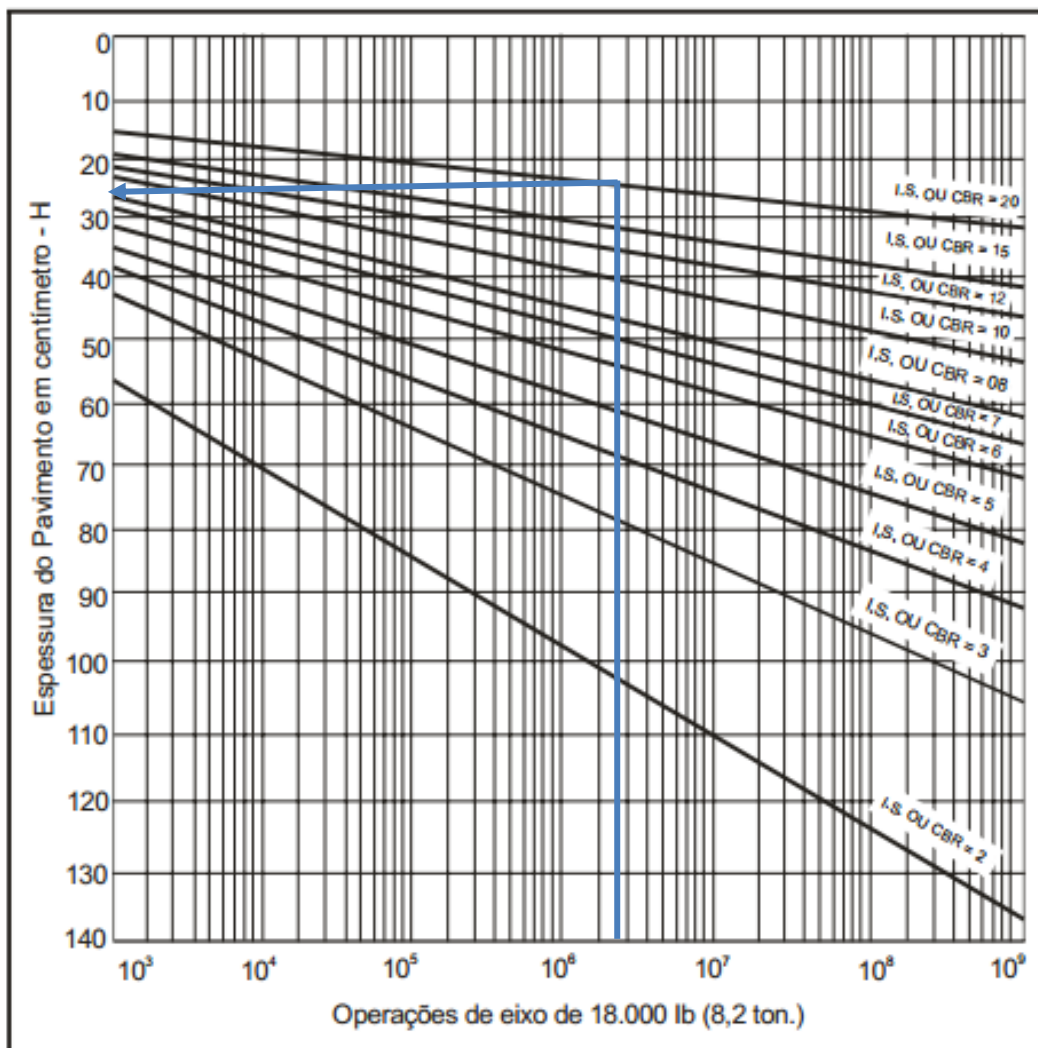


Figura 10 – Ábaco de determinação da espessura do pavimento

Fonte: DNIT, 2006.

O método de dimensionamento do DNIT faz algumas recomendações quanto aos coeficientes de equivalência estrutural dos materiais e quanto às espessuras mínimas de revestimento betuminoso.

Os coeficientes estruturais dos materiais utilizáveis nas camadas do pavimento são apresentados na Tabela 6 que se segue.

Tabela 6 - Coeficientes k

Componentes do Pavimento	Coeficiente k
Base ou revestimento do concreto betuminoso	2
Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa	1,7
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa	1,4

Componentes do Pavimento	Coefficiente k
Base ou revestimento betuminoso por penetração	1,2
Camadas granulares	1
Solo cimento com resistência a compressão a 7 dias superior a 45 kg/cm ²	1,7
Idem, com resistência a compressão a 7 dias entre 45 e 28 kg/cm ²	1,4
Idem, com resistência a compressão a dias entre 28 e 21 kg/cm ²	1,2
Bases de Solo-Cal	1,2

Fonte: DNIT, 2006.

Para determinação das espessuras do pavimento das vias serão adotados os seguintes coeficientes:

- Revestimento betuminoso: K = 2,00;
- Base granular: K = 1,0;
- CBR do subleito = 26,80 %. Adotado: CBR = 20%.

Assim, com a resolução das inequações e atentando-se para as espessuras mínimas das camadas indicadas pelas instruções de execução em vigor, têm-se as espessuras das camadas do pavimento dimensionado:

Revestimento: 5,0 cm de Concreto Betuminoso Usinado a Quente – CBUQ.

Base: 15 cm de Base de Brita Graduada Simples - BGS. (CBR ≥ 60%, Expansão ≤ 0,5%, Compactação a 100% Proctor Intermediário).

A seguir apresentam-se as camadas da Seção Transversal Tipo dos pavimentos projetados:

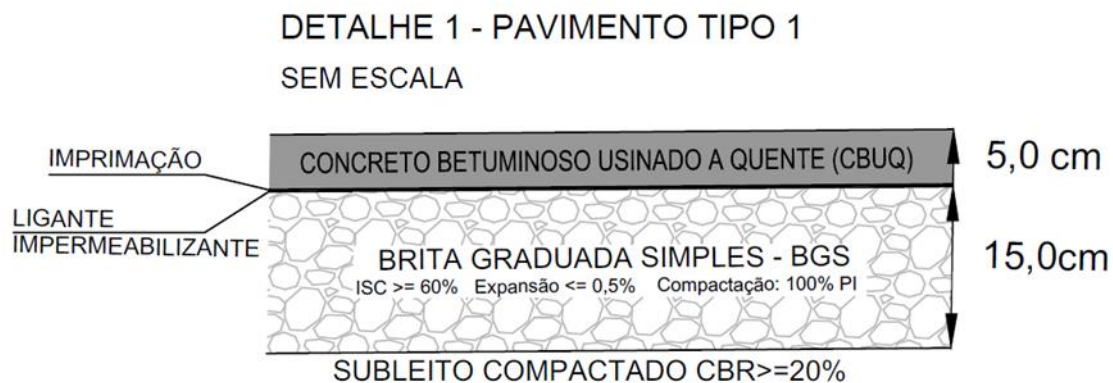


Figura 11 – Pavimento Tipo Via

8.3.1. Dimensionamento do Pavimento das Calçadas

Por se tratar de vias exclusivas para pedestres, o tráfego é considerado leve, assim adotou-se o pavimento com resistência característica à compressão simples (f_{ck}), medida aos 28

dias de idade, de 15 a 20 MPa e os procedimentos de implementação devem seguir as premissas da NBR 14931 - Execução de Estruturas de Concreto – Procedimento.

A Figura 12 que se segue apresenta os croquis de dimensionamento do pavimento adotado:



Figura 12 - Pavimento Concreto Usinado Calçada de 5 cm.

Para o confinamento do pavimento serão instaladas guias de concreto. Devem apresentar cantos arredondados, criando um todo harmonioso com os pisos intertravado e valorizando o trabalho de paisagístico. As guias deverão ser de concreto de boa qualidade e bem acabados. Por essa razão, é desejável que sejam pré-moldados ou moldados no local, devendo ser fabricadas com concreto de resistência característica à compressão simples (fck), medida aos 28 dias de idade, igual ou superior a 25 MPa.

8.3.2. Especificações de Serviços

Para a execução das camadas, deve-se seguir atentamente as seguintes especificações de serviço:

- Pavimento Flexível: Mistura Asfálticas a Quente – DNER – ES 031/06;
- Imprimação Impermeabilizante – DNIT – ES 144/14;
- Brita Graduada Simples – ET-DE-P00/008;
- Solo Brita – DNIT – ES 303/97;
- Preparo do Subleito – DNIT – ES 299/97;
- Execução de Estruturas de Concreto – Procedimento – ABNT – NBR 14.931.

Obs.: A Especificação de Serviço ET-DE-P00/008 indicada para a execução da camada de BGS pertence ao Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo. Esta especificação foi escolhida devido ao fato de que a revisão da especificação de serviço desse material no DNIT ainda não está aprovada.

9. PROJETO DE SINALIZAÇÃO

O Projeto de Sinalização foi elaborado em consonância com os princípios da Engenharia de Tráfego e em observância às determinações do Código Trânsito Brasileiro – CTB.

9.1. SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

De acordo com o Manual de Sinalização do Denatran, a sinalização horizontal tem a finalidade de transmitir e orientar os usuários sobre as condições de utilização adequada da via, compreendendo as proibições, restrições e informações que lhes permitam adotar comportamento adequado, de forma a aumentar a segurança e ordenar os fluxos de tráfego.

9.1.1. Linha “Dê a Preferência”

É atribuído a LDP a função de indicar ao condutor o local limite em que deve parar o veículo, quando necessário, em local sinalizado com o sinalização vertical (placa R-2). Tem cor branca e largura de 40 cm no projeto.

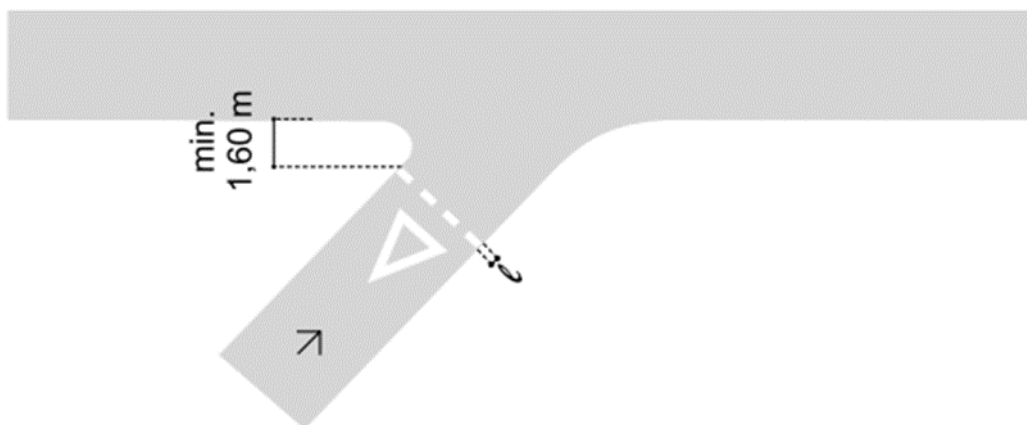


Figura 13 - Posicionamento de Linha de Retenção (LDP)

Fonte: Denatran, 2007.

9.1.2. Linhas de Separação de Fluxo de Sentidos Opostos

9.1.2.1. Linha Dupla Contínua – LFO-3

A Linha Dupla Contínua (LFO-3), apresentada na Figura 14, ordena fluxos de sentido oposto na situação em que são proibidas a ultrapassagem e a mudança de faixa, por comprometer a segurança viária. Sua largura de linha varia de acordo com a velocidade regulamentada na via. Foi adotada a largura de 10 centímetros de faixa amarela com espaçamento de 10 centímetros.

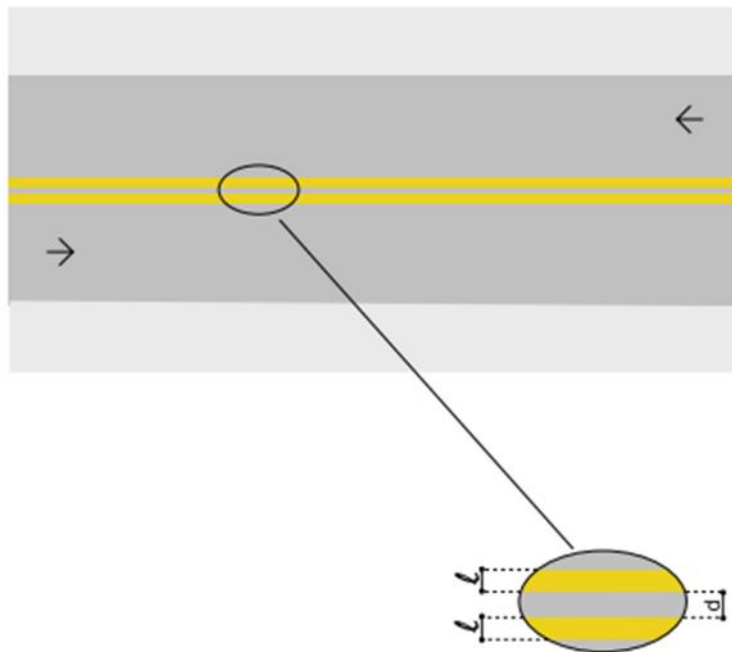


Figura 14 - Exemplo de Faixa LFO-3

Fonte: Denatran, 2007.

9.1.3. Linhas de Separação de Fluxo do Mesmo Sentido

9.1.3.1. Linha Simples Contínua – LMS-1

A Linha Simples Contínua (LMS-1), exposta na Figura 16, ordena fluxos de mesmo sentido na situação em que a ultrapassagem e a mudança de faixa são proibidas. Sua largura (l) varia de acordo com a velocidade regulamentada na via. Foi estabelecida a largura de 10 centímetros para a faixa, na cor branca.

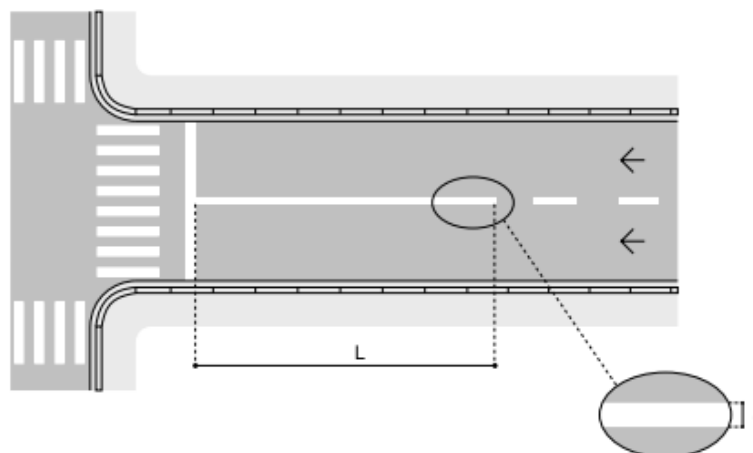


Figura 15 - Linha Simples Contínua (LMS-1).

Fonte: Denatran, 2007.

9.1.3.2. Linha Simples Seccionada – LMS-2

A Linha Simples Seccionada (LMS-2), exposta na Figura 16, ordena fluxos de mesmo sentido na situação em que a ultrapassagem e a mudança de faixa são permitidas. Sua largura de linha varia de acordo com a velocidade regulamentada na via. Foi estabelecida a largura de 10 centímetros para as regiões do trevo, comprimento de 3,00 metros nas linhas e espaçamento de 6,00 metros, conforme a região existente nas conexões.

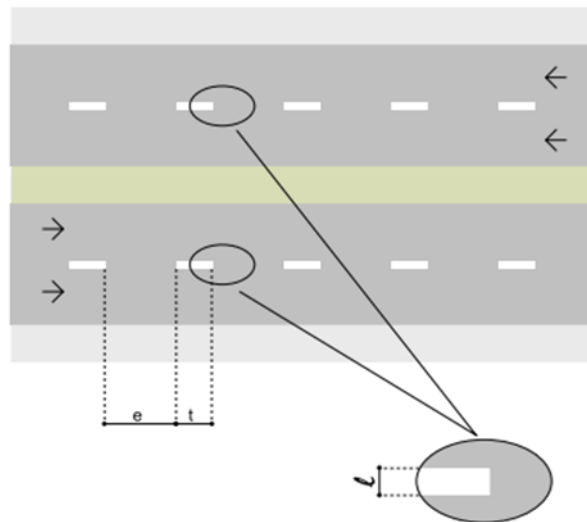


Figura 16 - Exemplo de Faixa LMS-2

Fonte: Denatran, 2007

9.1.4. Linha de Bordo – LBO

A Linha de Bordo (LBO), exposta na Figura 17, delimita a parte da via destinada ao deslocamento de veículos, estabelecendo seus limites laterais. Sua largura de linha varia de acordo com a velocidade regulamentada na via. A largura estabelecida será de 0,15 m. Seu afastamento em relação a guia varia de acordo com a situação, quando existir barreira física, esta deverá distar no mínimo 0,30 m de seu limite, do contrário, o distanciamento usual será o comprimento da sarjeta (50 cm).

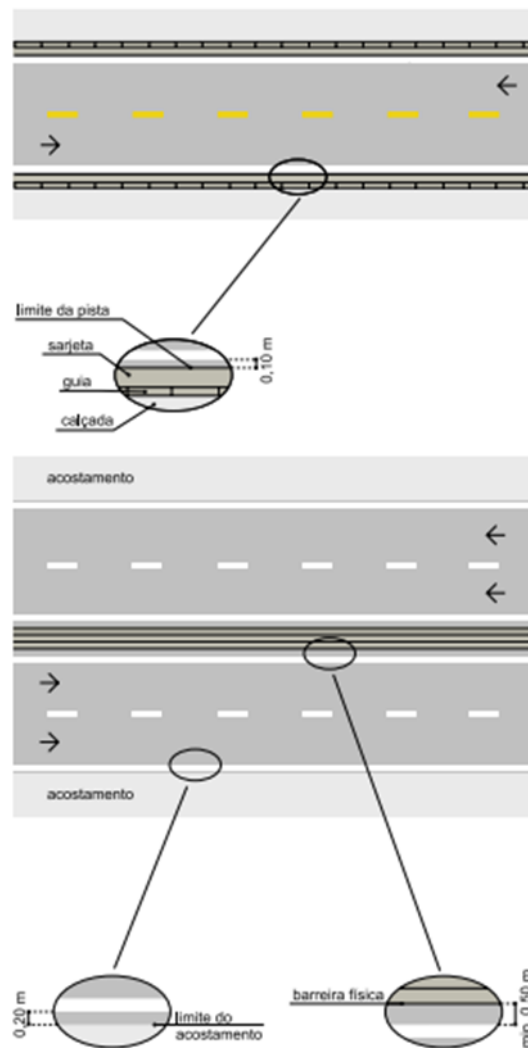


Figura 17 - Exemplo de Faixa LBO

Fonte: Denatran, 2007

9.1.5. Zebrado de Preenchimento da Área de Pavimento Não Utilizável – ZPA

O ZPA é responsável pelo destaque da área interna às linhas de canalização, reforça a ideia de área não utilizável e direciona os condutores para o correto posicionamento na via. Conforme apresentado na Figura 18, suas linhas são inclinadas 45° em relação ao tráfego, sua largura de linha interna (A) varia entre 0,30 e 0,50 m, enquanto a distância entre linhas (B) varia entre 1,10 e 3,50 m. No projeto foi adotada a dimensão A de 50 centímetros e a dimensão B de 1,10 metros.

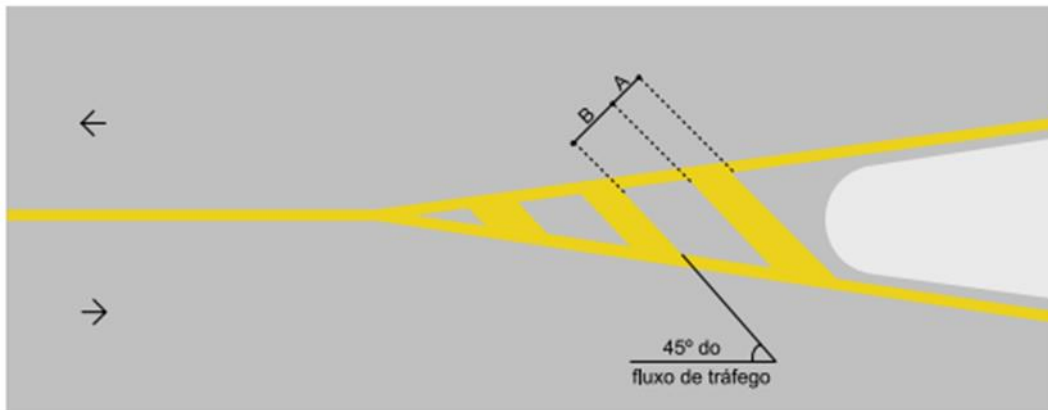


Figura 18 - Exemplo de ZPA

Fonte: Denatran, 2007.

9.1.6. Linha de Canalização – LCA

Tem como função delimitar o pavimento reservado a circulação de veículos, orientando os fluxos de tráfego para garantia de segurança e fluidez.

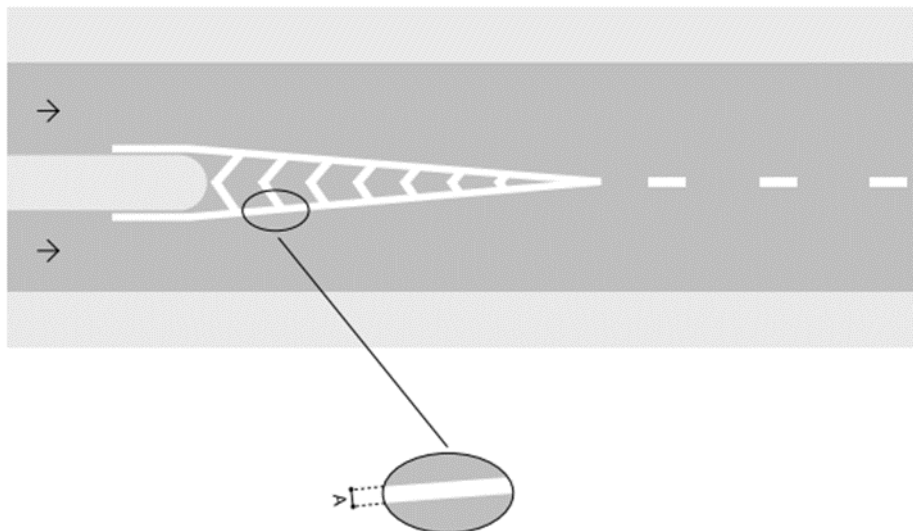


Figura 19 - Linha de Canalização

Fonte: Denatran, 2007.

9.1.7. Símbolo “Dê a Preferência”

Utilizado para reforçar a sinalização vertical R-2 – “Dê a preferência”, que será especificada em seção posterior. O detalhamento da pintura é dado na Figura 20.

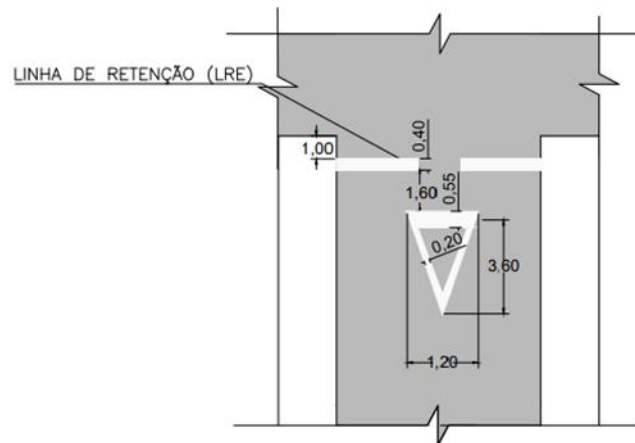


Figura 20 - Símbolo "Dê a Preferência"

Fonte: Denatran, 2007.

9.2. SINALIZAÇÃO VERTICAL

A sinalização vertical tem a função de indicar, regulamentar e advertir sobre as movimentações de tráfego através de dispositivos verticais alocadas nas laterais das pistas.

São implantadas no lado direito da via, salvo casos em que é necessário a colocação ao lado esquerdo, no sentido do fluxo de tráfego que devem regulamentar. Devem ser inseridas na posição vertical, fazendo um ângulo de 93° a 95° em relação ao sentido do fluxo de tráfego, voltadas para o lado externo da via. Esta inclinação tem por objetivos assegurar boa visibilidade e leitura dos sinais, evitando o reflexo especular que pode ocorrer com a incidência de faróis de veículos ou de raios solares sobre a placa. O afastamento lateral das placas, medido entre a borda lateral da mesma e da pista, deve ser, no mínimo, de 30 cm em trechos retos e 40 cm em trechos curvos.

Os itens a seguir apresentam os dispositivos de sinalização vertical que estão sendo utilizados no projeto referente ao trevo projetado.

9.2.1. Regulamentação – “Dê a Preferência” – R-2

Tem a finalidade de controlar o fluxo que vai entrar em uma via com preferência de passagem somente se houver boa intervisibilidade entre os veículos que se aproximam. No presente projeto foram locadas placas de sinalização R-2 nas intersecções da rotatória. Não foram adotadas as placas do tipo R-1 devido a boa visibilidade no local.

9.2.2. Sentido de Circulação da Via ou Pista – R24-A

Função de assinalar ao condutor que a via/pista sinalizada tem sentido único de circulação.



9.2.3. Sentido de Circulação na Rotatória – R-33

Função de assinalar ao condutor que a via/pista sinalizada tem sentido anti-horário da rotatória.

A figura abaixo mostra as dimensões, e locação das placas de sinalização adotadas para o presente projeto.




CÓDIGO	FORMATO	DESCRIÇÃO	DIMENSÕES	ID	NORTE (m)	LESTE (m)
R-2		DÊ A PREFERÊNCIA	L=90 CM ORLA = 15 CM	R2 - 1	7.538.119,78	403.542,74
				R2 - 2	7.538.163,27	403.511,71
				R2 - 3	7.538.192,23	403.535,88
R-24a		SENTIDO DE CIRCULAÇÃO DA VIA/PISTA	D=100 CM ORLA = 10 CM	R24a - 1	7.538.121,27	403.544,09
				R24a - 2	7.538.135,46	403.532,18
				R24a - 3	7.538.164,06	403.529,78
				R24a - 4	7.538.162,85	403.512,87
				R24a - 5	7.538.167,03	403.543,87
				R24a - 6	7.538.178,06	403.547,36
				R24a - 7	7.538.191,17	403.534,88
R-33		SENTIDO DE CIRCULAÇÃO DA ROTATÓRIA	D=100 CM ORLA = 10 CM	R33 - 1	7.538.097,53	403.528,39
				R33 - 2	7.538.187,04	403.499,51
				R33 - 3	7.538.211,94	403.550,44

Figura 21 - Tabela de Projeto



10.REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5681 - NB 501. Controle tecnológico da execução de aterros em obras de edificações. Rio de Janeiro, 1980.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7250. Identificação e Descrição de Amostras de Solos Obtidas em Sondagens de Simples Reconhecimento de Solos. Rio de Janeiro, 1982.

BH TRANS. Roteiro para Elaboração de Relatório de Impacto na Circulação - RIC. Belo Horizonte: Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, 2007. 19 p

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem. 2 ed. Rio de Janeiro, 2005. 133 p.

CEPAGRI. Disponível em <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_569.html>

DENATRAN – DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. Manual de Sinalização. Volumes I, II, III e IV. Brasília-DF, 2007.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Manual de Contagem de Tráfego. Publicação IPR-719. Ministério dos Transportes. 2006.

DYER, K.R. Estuaries - A Physical Introduction. 2 ed. Chichester, England, John Wiley & Sons. 1997.

GOOGLE EARTH – Programa Google Earth. 2017.

HIDROWEB - ANA - Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>.

Mapa de solos do Estado de Minas Gerais: legenda expandida /Universidade Federal de Viçosa; Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais; Universidade Federal de Lavras; Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. 49p.

PORTUGAL, L. S. GOLDNER, L. G., (2003). Estudo de Polos Geradores de Tráfego e de seus Impactos nos Sistemas Viários de Transportes. Editora Edgard Blücher.

RIBEIRO, André et al. Mapa geológico: folha Pouso Alegre. 2011.



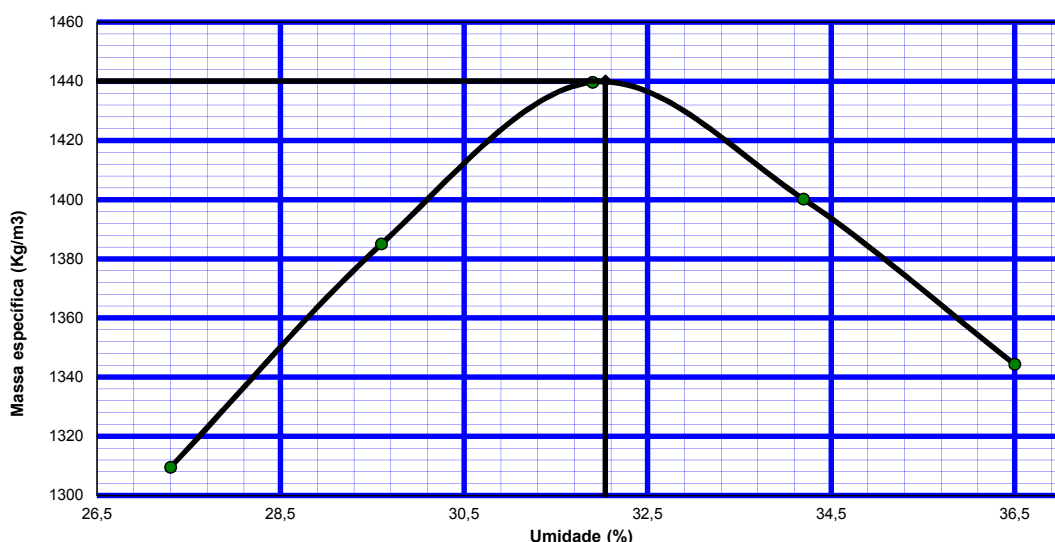
SANTOS, L. C. C. Estimativa de vazões máximas de projeto por métodos determinísticos e probabilísticos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do ECROQUI DE DMT

ANEXO I – ESTUDO GEÓTECNICO

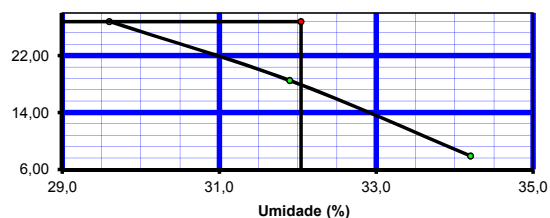


OBRA : Habsonda	TRECHO: Estudo Rotatoria	SUB-TRECHO:				REGISTRO: HSA-A-SOL-001
ESTACA:	POSIÇÃO: Bordo	PROFUND.:	MATERIAL: Solo Argiloso			ESTUDO: Caracterização de solo
% RET. PEN. N° 4:	PROCTOR Intermediário	GOLPES: 26	OPERADOR: Julierme	ENCARREGADO: Danillo De Melo Souza	ENGENHEIRO: Marcelo P. Garcia	DATA: 04/02/2019
Cilindro n°	C-33	C-51	C-4	C-18	C-38	UMID. HIGROSCÓPICA
Cápsula n.º						
C + S + A						337,40 338,10
C + S						324,20 325,30
A - Água						13,20 12,80
C - Cápsula						235,90 236,90
S - Solo						88,30 88,40
Umidade - h						14,95 14,48
UMIDADE MÉDIA						14,71
UMIDADE CALCULADA	27,30	29,60	31,90	34,20	36,50	PESO MATERIAL: 7.000
Água Adicionada (ml)	770,00	910,00	1.050,00	1.190,00	1.330,00	PESO MAT. SECO: 6.102
% Água adicionada	11,00%	13,00%	15,00%	17,00%	19,00%	MOLDES
M + S + A	8.883	9.096	8.889	8.738	9.295	N° PESO VOLUME
M. Molde	5.426	5.383	4.923	4.749	5.490	C-33 5426 2074
S + A	3.457	3.713	3.966	3.989	3.806	C-51 5383 2069
Dens. Úmida	1.667	1.795	1.899	1.879	1.835	C-4 4923 2089
DENS. CONVERTIDA	1.502	1.588	1.651	1.606	1.542	C-18 4749 2123
DENS. SECA	1.310	1.385	1.440	1.400	1.344	C-38 5490 2074
EFICIÊNCIA DE COMPACTAÇÃO CBR: 100,0						#N/D #N/D

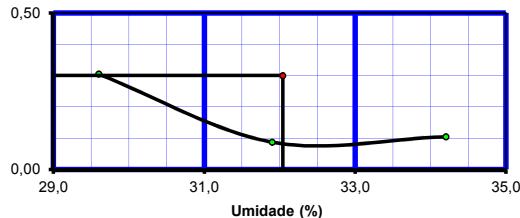
CURVA DE COMPACTAÇÃO



C.B.R.



EXPANSÃO



D. Máx.

1.440

HOT

32,0 %

C.B.R.: **26,80 %**

EXPANSÃO: **0,30 %**

EQ. AREIA: %

I.P.: **19,10 %**

I.G.: **12**

H.R.B.: **A-7-6**

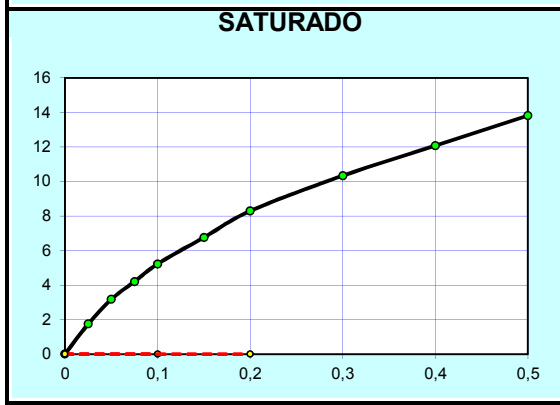
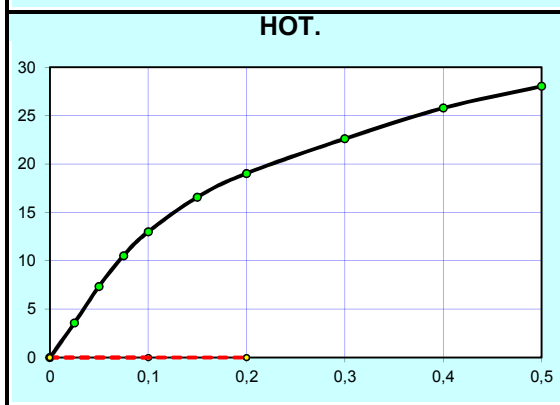
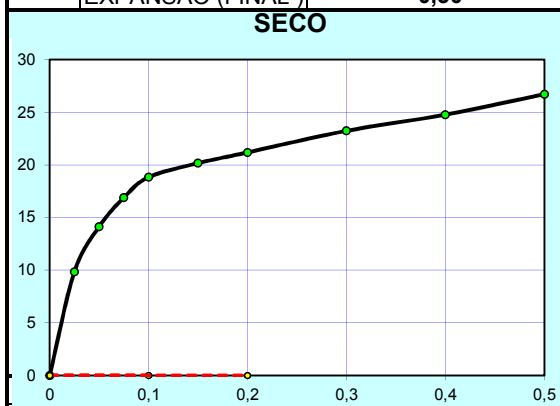
Observações:

Responsável:

Fiscalização:

OBRA: Habsonda	TRECHO: Estudo Rotatoria	SUB-TRECHO:		REGISTRO: HSA-A-SOL-001
ESTACA:	POSIÇÃO: Bordo	PROFUND.:	MATERIAL: Solo Argiloso	ESTUDO: Caracterização de solo
OPERADOR: Julierme/William	LABORATORISTA: Danillo De Melo Souza	ENCARREGADO: Danillo De Melo Souza	ENGENHEIRO: Marcelo P. Garcia	DATA: 08/02/2019

ANEL DINAMOMÉTRICO N.º	CONSTANTE:	UMIDADE (%)				
NEL DINAMOMÉTRICO N	CONSTANTE: 0,1023	Ponto	SECO	HOT.	SATURADO	
RESULTADOS	PRESSÕES kg/cm2	0,1 POL.	0,2 POL.	Cápsula nº		
	PADRONIZADAS	70,31	105,46	C + S + A (g)		
	CILINDRO N.º	UMIDADE (%)		C + S (g)		
	I.S.C. %	26,80		Água (g)		
	EXPANSÃO %	0,30	0,09	0,10	Cápsulas (g)	
	C.B.R. (FINAL)	26,80		Solo seco (g)		
	EXPANSÃO (FINAL)	0,30		UMIDADE (%)		
		UMID.MÉDIA				



EXPANSÃO (%)			
PONTO	SECO	HOT.	SATURADO
CILINDRO N.º	C-51	C-4	C-18
EXTENS. N.º			
LEITURA INICIAL	2,00	2,00	2,00
LEITURA 24h			
LEITURA 48h			
LEITURA 72h			
LEITURA 96h	2,35	2,10	2,12
DIFERENÇA	0,35	0,10	0,12
EXPANSÃO %	0,30	0,09	0,10

CILINDRO N.º: C-51			ORDEM: SECO		
PENETRAÇÃO			LEITURA ANEL	PRESSÃO kg/cm2	
TEMPO	m.m.	POL.		DETER.	CORRIG.
30 SEG.	0,63	0,025	96	9,82	
1 MIN.	1,27	0,050	138	14,12	
1,5 MIN.	1,90	0,075	165	16,89	
2 MIN.	2,54	0,100	184	18,83	26,80
3 MIN.	3,81	0,150	197	20,16	
4 MIN.	5,08	0,200	207	21,18	20,10
6 MIN.	7,62	0,300	227	23,23	
8 MIN.	10,15	0,400	242	24,77	
10 MIN.	12,70	0,500	261	26,71	

CILINDRO N.º: C-4			ORDEM: HOT		
PENETRAÇÃO			LEITURA ANEL	PRESSÃO kg/cm2	
TEMPO	m.m.	POL.		DETER.	CORRIG.
30 SEG.	0,63	0,025	35	3,58	
1 MIN.	1,27	0,050	72	7,37	
1,5 MIN.	1,90	0,075	103	10,54	
2 MIN.	2,54	0,100	127	13,00	18,50
3 MIN.	3,81	0,150	162	16,58	
4 MIN.	5,08	0,200	186	19,04	18,00
6 MIN.	7,62	0,300	221	22,62	
8 MIN.	10,15	0,400	252	25,79	
10 MIN.	12,70	0,500	274	28,04	

CILINDRO N.º: C-18			ORDEM: SATURADO		
PENETRAÇÃO			LEITURA ANEL	PRESSÃO kg/cm2	
TEMPO	m.m.	POL.		DETER.	CORRIG.
30 SEG.	0,63	0,025	17	1,74	
1 MIN.	1,27	0,050	31	3,17	
1,5 MIN.	1,90	0,075	41	4,20	
2 MIN.	2,54	0,100	51	5,22	7,40
3 MIN.	3,81	0,150	66	6,75	
4 MIN.	5,08	0,200	81	8,29	7,90
6 MIN.	7,62	0,300	101	10,34	
8 MIN.	10,15	0,400	118	12,08	
10 MIN.	12,70	0,500	135	13,82	

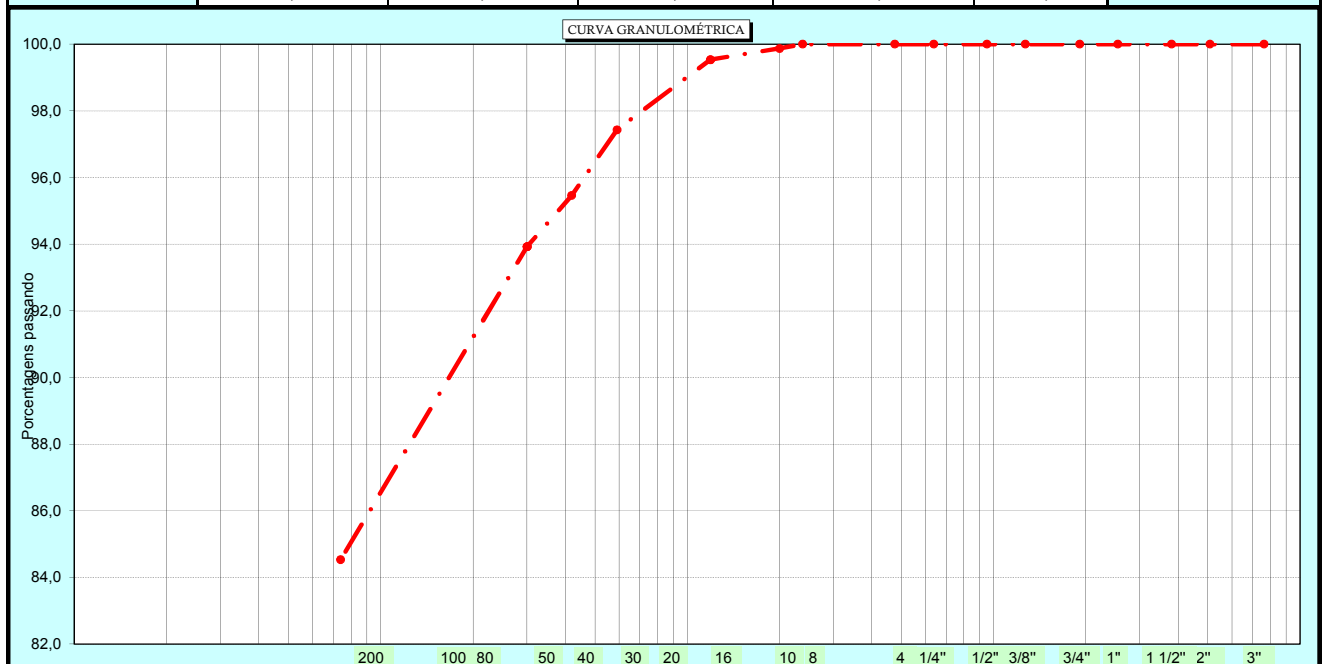
OBSERVAÇÕES:

OBRA: Habsonda	TRECHO: Estudo Rotatoria	SUB-TRECHO:	REGISTRO: HSA-A-SOL-001
--------------------------	------------------------------------	-------------	-----------------------------------

ESTACA:	FURO: Bordo	PROFUND.:	MATERIAL: Solo Argiloso	ESTUDO: Caracterização de solo
OPERADOR: Julierme	LABORATORISTA: Danillo De Melo Souza	ENCARREGADO: Danillo De Melo Souza	ENGENHEIRO: Marcelo P. Garcia	DATA: 05/02/2019

EQUIVALENTE DE AREIA		AMOSTRA TOTAL SECA		UMIDADE HIGROSCÓPICA		RESUMO	
Proveta nº		Amostra total úmida (g)	1000,7	Cápsula Nº	FE-46	FE-34	Pedreg. Acima 4,8 mm
L.Inicial		Retido Nº 10 (g)	1,2	Cáp.+ solo+ água (g)	31,42	30,27	grossa 4,8 - 2,0 mm
L.FINAL		Passado na N 10 (g)	999,5	Cápsula + Solo (g)	28,80	27,75	Média 2,0 - 0,42 mm
E.A		Peso da água (g)	103,3	Água (g)	2,61	2,52	fina Nº 40 - 200
Média		Passado Nº 10 seco (g)	896,2	Cápsula (g)	5,96	6,06	Passando Nº 200
Amostra G # Nº 10 Recip. Nº:		Amostra total seca (g)	897,4	Solo (g)	22,84	21,69	Total
Amostra P # Nº 10 Recip. Nº:		Am. menor Nº 10 úmid. (g)	120,0	Umidade (%)	11,44	11,61	Retido Nº 10 - 200
		Am. menor Nº 10 seca (g)	107,60	Média	11,52		ÍNDICE DE GRUPO
							H.R.B.
							A-7-6

PENEIRA	MATERIAL RETIDO				Porc. que passa da amostra total	PENEIRA mm
	PESO (g)	Porc. da amostra menor Nº10 (g)	Porcentagem da amostra total	Porcentagem acumulada		
3"					100,0	76,20
2"					100,0	50,80
1.1/2"					100,0	38,10
1"					100,0	25,40
3/4"					100,0	19,10
1/2"					100,0	12,70
3/8"					100,0	9,52
1/4"					100,0	6,38
Nº 4					100,0	4,76
Nº 8					100,0	2,38
Nº 10	1,18		0,1	0,1	99,9	2,00
Nº 16	0,36	0,3	0,3	0,5	99,5	1,19
Nº 20						0,80
Nº 30	2,27	2,1	2,1	2,6	97,4	0,59
Nº 40	2,12	2,0	2,0	4,5	95,5	0,42
Nº 50	1,66	1,5	1,5	6,1	93,9	0,30
Nº 80						0,18
Nº 100						0,15
Nº 200	10,12	9,4	9,4	15,5	84,5	0,074

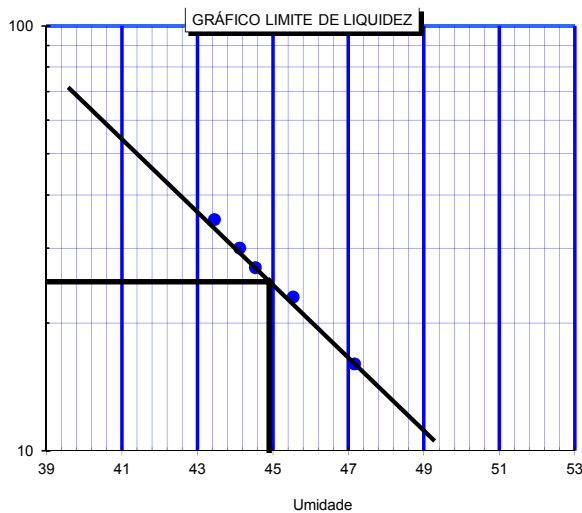


Observações:

OBRA: Habsonda	TRECHO: Estudo Rotatoria	SUB-TRECHO:	REGISTRO: HSA-A-SOL-001
ESTACA:	POSIÇÃO: Bordo	PROFUND.:	MATERIAL: Solo Argiloso
OPERADOR: Julierme	LABORATORISTA: Danillo De Melo Souza	ENCARREGADO: Danillo De Melo Souza	ENGENHEIRO: Marcelo P. Garcia
			ESTUDO: Caracterização de solo
			DATA: 06/02/2019

LIMITE DE LIQUIDEZ - DNER-ME 122/94

AMOSTRA	Cápsula nº:	FE-23	FE-6	FE-1	FE-25	FE-16		
	C + S + A g	11,59	11,45	10,53	11,69	11,25		
	C + Solo g	9,87	9,74	9,11	9,98	9,56		
	Cápsula g	5,925	5,877	5,939	6,232	6,000		
	Água g	1,72	1,71	1,41	1,71	1,68		
	Solo g	3,95	3,87	3,18	3,75	3,56		
	Umidade %	43,45	44,12	44,54	45,53	47,17		
	Fator Correção							
	Valor Corrigido							
	GOLPES	35	30	27	23	16		


ÍNDICE DE PLASTICIDADE

Limite de Liquidez	%	44,90
Limite de Liquidez Corrigido	%	
Limite de plasticidade	%	25,80
Índice de plasticidade	%	19,10

RESUMO

Equivalente de areia		
Passado na #200	%	84,54
Índice de grupo		12
Classificação HRB		A-7-6
Classificação USC		

Obs.:

OPERADOR: Julierme	LIMITE DE PLASTICIDADE - DNER-ME 082/94	DATA: 06/02/2019
------------------------------	--	----------------------------

AMOSTRA	Cápsula nº:	FE-37	FE-47	FE-35	FE-32	FE-2		
	C + S + A g	7,45	7,66	7,91	7,67	7,72		
	C + Solo g	7,11	7,27	7,56	7,28	7,32		
	Cápsula g	5,799	5,859	6,230	5,745	5,926		
	Água g	0,34	0,39	0,35	0,39	0,40		
	Solo g	1,31	1,41	1,33	1,53	1,39		
	Umidade %	25,60	27,80	26,20	25,60	28,80		

LIMITE DE PLASTICIDADE :
25,80 %
OBS.:

**ANEXO II – ESTUDO DE TRÁFEGO DO TREVO BAIRRO
SANTA RITA**

Índice

1.	Normativas	1
2.	Localização	2
3.	Níveis de Serviço	2
3.1.	Matriz Origem-Destino.....	3
3.2.	Capacidade de Entrada	5
3.3.	Capacidade Residual.....	6
3.4.	Tempo Médio de Espera	7
3.5.	Nível de Serviço da Rotatória.....	7
	Referências	10

Lista de Tabelas

Tabela 2-1 - Fatores de equivalência em unidades de carros de passeio (UCP)

Tabela 2-2 – Matriz origem destino: pico manhã e cenário atual

Tabela 2-3 – Matriz origem-destino: pico meio-dia e cenário atual

Tabela 2-4 – Matriz origem-destino: pico tarde e cenário atual

Tabela 2-5 – Níveis de serviço da interseção: cenário atual

Tabela 2-6 – Níveis de serviço da interseção: cenário futuro (2029)

Tabela 2-7 – Níveis de serviço da interseção: rótula moderna - cenário futuro (2029)

Apresentação

O presente memorial descreve o processo metodológico utilizado na determinação dos Níveis de Serviço, atual e futuro, de uma intercessão localizada no município de Pouso Alegre – MG.

1. Normativas

Foram utilizados os seguintes documentos para o desenvolvimento do Estudo de Tráfego:

- DNIT - Manual de Projeto de Interseções;
- DNIT – Manual de Estudos de Tráfego;
- HCM – *Transportation Research Board*;

2. Localização

A interseção, objeto do presente estudo, está localizada no município de Pouso Alegre/MG, na confluência entre a Avenida Vereador Hebert Campos e a Avenida Major Armando Rubens Storino. A Figura 1 apresenta a interseção estudada.



Figura 1 – Localização da interseção

Fonte: Google Earth (2018)

3. Níveis de Serviço

O Nível de Serviço é definido pelo HCM (NRC, 2010) como uma medida de qualidade que descreve as condições operacionais dentro de um fluxo de tráfego. São definidos seis níveis de serviço, que variam de A (melhor condição operacional) a F (pior condição operacional).

De acordo com o Manual de Projeto de Interseções do DNIT (BRASIL, 2005), determina-se a capacidade e o nível de serviço de uma interseção a partir das seguintes orientações:

- i. Elaboração da Matriz Origem-Destino (Matriz O/D);
- ii. Determinação da Capacidade de Entrada;
- iii. Determinação da Capacidade Residual;
- iv. Determinação do Tempo Médio de Espera (TMS);
- v. Determinação do Nível de Serviço da Interseção.

3.1. Matriz Origem-Destino

A matriz origem-destino explicita a origem e destino dos veículos que chegam à interseção, indicando os fluxos dos vários ramos que possam vir a compô-la.

A elaboração da matriz origem-destino é realizada através de contagem classificatória de veículos na interseção.

Para o desenvolvimento do presente estudo, foram realizadas contagens classificatórias em três dias consecutivos, no período das 6:30 h até 8:30 h, 11:00 h até 13:00 h e 16:30 h até 18:30, escolhidos por representarem os horários de pico de tráfego.

Diante da necessidade de trabalhar-se com a unidade de *veículos equivalentes a carros de passeio* (UCP), as quantidades obtidas em contagem foram multiplicadas pelos seus respectivos coeficientes, conforme as recomendações do DNIT (BRASIL, 2005), apresentadas na Tabela 3-1.

Tabela 3-1 - Fatores de equivalência em unidades de carros de passeio (UCP)

Tipo de veículo	VP	CO/O	SR/RE	M	B	SI
Fator de equivalência	1	1,5	2	1	0,5	1,1

Fonte: DNIT (BRASIL, 2005)

Onde,

VP: representa os veículos leves, física e operacionalmente assimiláveis ao automóvel, incluindo minivans, vans, utilitários, pick-ups e similares;

CO: Representa os veículos comerciais rígidos, não articulados. Abrangem os caminhões e ônibus convencionais, normalmente de dois eixos e quatro a seis rodas;

O: Representa os veículos comerciais rígidos de maiores dimensões. Entre estes incluem-se os ônibus urbanos longos, ônibus de longo percurso e de turismo, bem como caminhões longos, frequentemente com três eixos, de maiores dimensões que o veículo CO básico. Seu comprimento aproxima-se do limite máximo legal admissível para veículos rígidos;

SR: Representa os veículos comerciais articulados, compostos de uma unidade tratora simples (cavalo mecânico) e um semirreboque. Seu comprimento aproxima-se do limite máximo legal para veículos dessa categoria;

RE: Representa os veículos comerciais com reboque. É composto de um caminhão trator trucado, um semirreboque e um reboque, e que mais se aproxima do veículo conhecido como bitrem. Seu comprimento é o máximo permitido pela legislação;

SI: Para os casos em que se dispõe apenas de uma matriz de veículos sem classificação por tipo de veículos, adota-se "Sem Informação".

As Entradas (A) e Saídas (S) da interseção foram nomeadas de acordo com o apresentado pela Figura 2, de forma a possibilitar a organização dos dados na matriz origem-destino.



Figura 2 – Entradas e saídas da interseção

Fonte: Autorial Própria (2018)

Foram elaboradas matrizes origem-destino para três intervalos de pico (manhã, meio-dia e tarde). As matrizes obtidas são apresentadas a seguir.

Tabela 3-2 – Matriz origem destino: pico manhã e cenário atual

PICO MANHÃ (7:00 - 8:00) horas - ATUAL				
	S1	S2	S3	TOTAL
A1	0,00	565,67	34,00	599,67
A2	597,83	0,00	34,83	632,67
A3	42,50	33,50	0,00	76,00
TOTAL	640,33	599,17	68,83	

Fonte: Autorial Própria (2018)

Tabela 3-3 – Matriz origem-destino: pico meio-dia e cenário atual

PICO MEIO-DIA (12:00 - 13:00) - ATUAL				
	S1	S2	S3	TOTAL
A1	0,00	477,83	49,33	527,17
A2	430,00	0,00	54,00	484,00
A3	34,67	55,33	0,00	90,00
TOTAL	464,67	533,17	103,33	

Fonte: Autoria Própria (2018)

Tabela 3-4 – Matriz origem-destino: pico tarde e cenário atual

PICO TARDE (17:30 -18:30) - ATUAL				
	S1	S2	S3	TOTAL
A1	0,00	609,33	54,00	729,67
A2	590,67	0,00	79,83	737,55
A3	36,67	76,67	0,00	124,67
TOTAL	627,33	686,00	133,83	

Fonte: Autoria Própria (2018)

3.2. Capacidade de Entrada

A Capacidade Básica de (Gi) de cada entrada (i) foi determinada graficamente, considerando *acesso com 1 faixa e rotatória com 1 faixa*, de acordo com a Figura 3, extraída do Manual de Projeto de Interseções do DNIT (BRASIL, 2005).

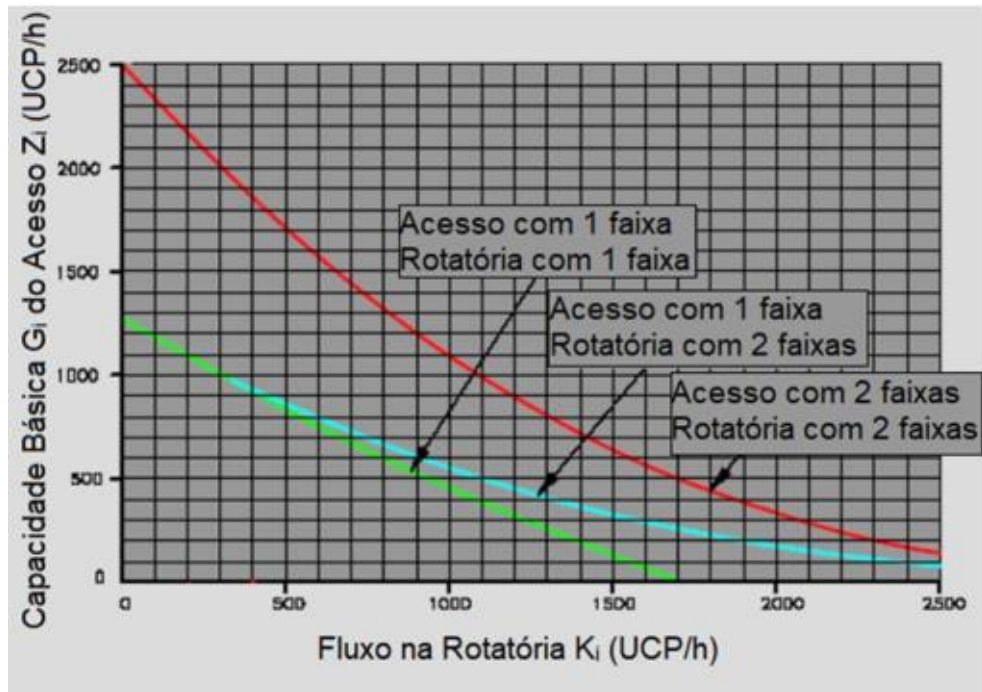


Figura 3 – Capacidade das entradas na rótula

Fonte: DNIT (BRASIL, 2005)

A Capacidade de Entrada (C_i) é calculada a partir da fórmula:

$$C_i = G_i \cdot f_i$$

Onde,

f_i é o fator de pedestres, adotado como $f_i = 1$, uma vez que, no local analisado, o tráfego de pedestres na rotatória é desprezível, apesar de existente.

3.3. Capacidade Residual

A Capacidade Residual é referente à reserva de capacidade na via e é obtida a partir da fórmula:

$$R_i = C_i - Z_i$$

Onde,

R_i é a Capacidade Residual (UCP/h);

C_i é a Capacidade de Entrada (UCP/h); e

Z_i é o Fluxo de Entrada (UCP/h).

3.4. Tempo Médio de Espera

O Tempo Médio de Espera de cada entrada (TMS) é obtido graficamente em função da Capacidade Residual e da Capacidade de Entrada, a partir da Figura 4, extraída do Manual do DNIT (Brasil, 2005). O mesmo gráfico também possibilita a determinação do Nível de Serviço de cada entrada.

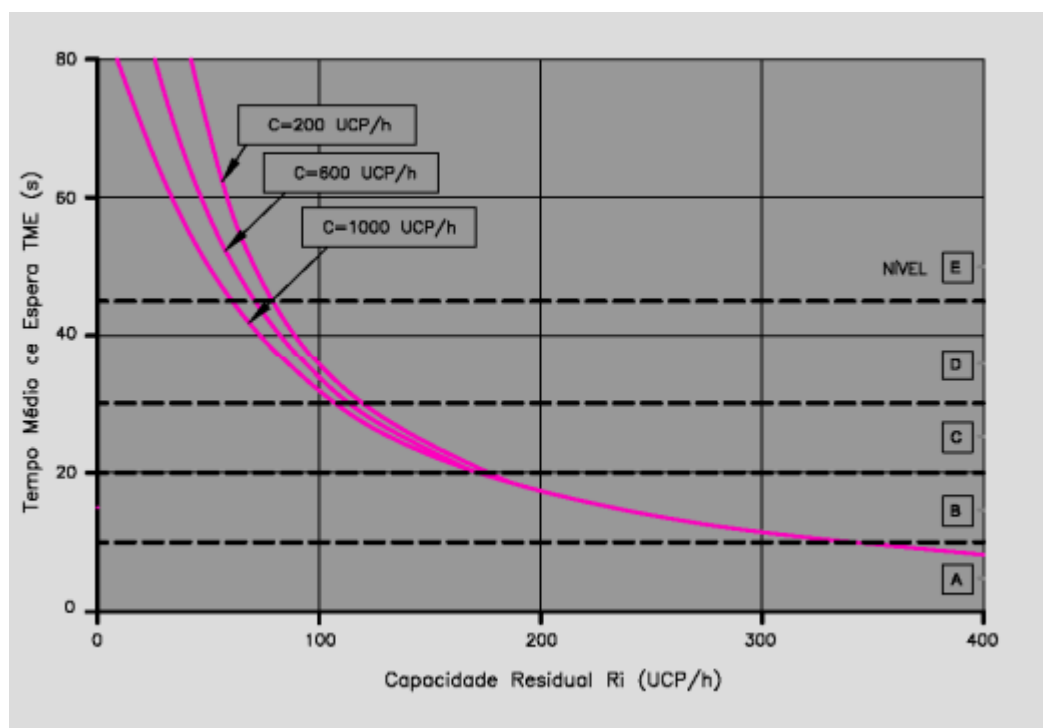


Figura 4 – Capacidade residual na rótula

Fonte: DNIT (BRASIL, 2005)

3.5. Nível de Serviço da Rotatória

Finalmente, o Nível de Serviço da Rotatória é obtido através do cálculo do Tempo de Médio de Espera, de acordo com a expressão:

$$TME = \frac{\sum Z_i \cdot TMS_i}{\sum Z_i}$$

A Tabela 3-5, Tabela 3-6 e Tabela 3-7, a seguir, explicitam os cálculos para a determinação do nível de serviço da rotatória para os cenários atual e futuro. Enfatiza-se que os cálculos foram realizados para o pico da tarde, horário com maior tráfego.

Para a análise do cenário futuro, os dados obtidos a partir da contagem foram projetados para o ano de 2029, considerando a taxa de crescimento de veículos de 3,00%, recomendada pelo DNIT (BRASIL, 2006). Ainda, foram simulados dois contextos futuros: considerando a manutenção da configuração atual da interseção e considerando a modificação da interseção em uma rótula moderna, com as características apresentadas na Figura 5.

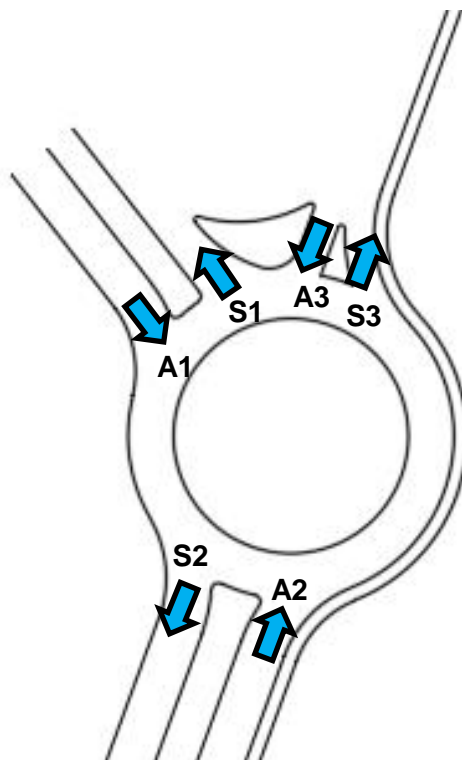


Figura 5 – Rótula moderna proposta

Fonte: Autoria Própria (2018)

Tabela 3-5 – Níveis de serviço da interseção: cenário atual

PICO TARDE (17:30 - 18:30) - ATUAL									
	Z	K	Gi	Ci	Ri	TMS	NS	TME	NS
A1	663,33	0,00	1270	1270	606,6667	8	A	8	A
A2	670,50	54,00	1220	1220	549,5	8	A		
A3	113,33	590,67	790	790	676,6667	8	A		

Fonte: Autoria Própria (2018)

Tabela 3-6 – Níveis de serviço da interseção: cenário futuro (2029)

CONFIGURAÇÃO ATUAL - PICO TARDE (17:30 - 18:30) - 2029									
	Z	K	Gi	Ci	Ri	TMS	NS	TME	NS
A1	918,21	0,00	1270	1270	351,79	15	B	17,47	B
A2	928,13	74,75	1200	1200	271,87	20	C		
A3	156,88	817,62	400	400	243,12	17	B		

Fonte: Autoria Própria (2018)

Tabela 3-7 – Níveis de serviço da interseção: rótula moderna - cenário futuro (2029)

CONFIGURAÇÃO ATUAL - PICO TARDE (17:30 - 18:30) - 2029									
	Z	K	Gi	Ci	Ri	TMS	NS	TME	NS
A1	1010,03	106,12	1200	1200	189,97	17	B	15,83	B
A2	1020,94	74,75	1250	1250	229,05	16	B		
A3	172,57	817,62	600	600	427,43	8	A		

Fonte: Autoria Própria (2018)

Assim, conforme explicita a Tabela 3-5, a interseção analisada possui, atualmente, um **nível de serviço A** e, com a projeção de crescimento de tráfego, atingirá em 2029 um **nível de serviço B**. Ainda, verifica-se que **a modificação da interseção para a uma rótula moderna propicia uma diminuição de 10% no tempo médio de espera dos veículos.**

Referências

BRASIL. MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de projeto de interseções**. Rio de Janeiro, 2005.

BRASIL. MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de estudos de tráfego**. Rio de Janeiro, 2006.

INSTITUTE OF TRANSPORTATION ENGINEERS. **Traffic Engineering Handbook**. 6 ed. Washington, DC, 2009.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Transportation Research Board**. Highway Capacity Manual. Washington, DC, 2010.