



MEMORIAL DE CÁLCULO – FASE II
REQUALIFICAÇÃO VIÁRIA DA AVENIDA EMB. BILAC PINTO

MARÇO DE 2022

REFERÊNCIAS CADASTRAIS

Cliente	Prefeitura Municipal de Santa Rita do Sapucaí
Localização	Santa Rita do Sapucaí, Minas Gerais
Título	Requalificação Viária da Avenida Emb. Bilac Pinto
Contato	Mario M. Ribeiro Marques
E-mail	marioianigor@yahoo.com.br
Líder do projeto	Felipe Guimarães Alexandre
Coordenador	Denis de Souza Silva
Data do documento	25/03/2022

Elaborador/Autor		
Verificador/Aprovador		

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.

EQUIPE TÉCNICA

Responsável Técnico – Coordenação

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

Responsável Técnico – Projeto Civil

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

Responsável Técnico – Projeto Hídrico

Aloísio Caetano Ferreira Engenheiro Hídrico	
Nº CREA: MG-97.132 /D	Nº ART:

Elaboração

COLABORADORES	Felipe G. Alexandre	Eng. Civil – Coordenação
	Abraão Ramos	Engenheiro Civil
	Igor Paiva Lopes	Engenheiro Hídrico
	Gabriel Gomes	Auxiliar de Sinalização
	Érica de Souza	Auxiliar de Terraplenagem
	Anderson Maciel	Auxiliar de Drenagem
	Bianca Baruk	Orçamentista
	Leonardo Moreira	Auxiliar de Orçamento

SUMÁRIO

1. ESTUDO HIDROLÓGICO	1
1.1. METODOLOGIA APLICADA	1
1.1.1. MÉTODO RACIONAL	1
2. PROJETO DE DRENAGEM	6
2.1. VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DE ESCOAMENTO EM GUIAS E SARJETAS 6	
2.2. DIMENSIONAMENTO DA GALERIA	8
2.2.1. POSICIONAMENTO	8
2.2.2. DIÂMETRO MÍNIMO	8
2.2.3. CÁLCULO DA VAZÃO NA GALERIA	8
2.2.4. VELOCIDADE DE ESCOAMENTO	8
2.2.5. CAPACIDADE MÁXIMA DA GALERIA (m ³ /s)	10
2.2.6. RECOBRIMENTO MÍNIMO NA GALERIA	11
2.2.7. DESCARTE	11
3. PAVIMENTAÇÃO	12
3.1. DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO	12
3.1.1. MÉTODO UTILIZADO	12
3.1.2. PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO	12
3.1.3. DETERMINAÇÃO DAS ESPESSURAS DAS CAMADAS DOS PAVIMENTOS	13
3.1.4. ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇOS	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
ANEXO I – DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DA GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS	20

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1-1 – Cálculo da Vazão	2
Equação 1-2 – Cálculo da Intensidade de chuva.	4
Equação 2-1 – Vazão da sarjeta	6
Equação 2-2 – Velocidade.....	9
Equação 2-3 – Raio hidráulico.....	9
Equação 2-4 – Vazão da galeria	10
Equação 3-1 – Determinação da Espessura da Camada de Base.....	14
Equação 3-2 – Determinação da Espessura sobre o Reforço do Sub-Leito.....	14
Equação 3-3 – Determinação da Espessura Total do Pavimento	14

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1 – Localização dos municípios de Santa Rita do Sapucaí e Silvianópolis	3
Figura 1-2 – Pluviograma Médio dos totais mensais de Santa Rita do Sapucaí	4
Figura 2-1 – Sarjeta tipo 2	6
Figura 2-2 – Característica hidráulica da sarjeta	7
Figura 2-3 – Detalhes hidráulicos da sarjeta	7
Figura 3-1 – Ábaco de determinação da espessura do pavimento.....	15
Figura 3-2 – Pavimento Flexível da Via – Tipo 01	17
Figura 3-3 – Pavimento Flexível da Via – Tipo 02	17
Figura 3-4 – Pavimento Passeio e ciclovia	18

LISTA DE TABELAS

Tabela 2-1 – Valores do coeficiente de rugosidade para diferentes materiais de revestimento	10
Tabela 3-1 – Tráfego por Classificação Funcional da Via	13
Tabela 3-2 – Tipo de Revestimento em Função de Tráfego.....	14
Tabela 3-3 – Coeficientes k	16

1. ESTUDO HIDROLÓGICO

O estudo hidrológico tem por finalidade determinar as descargas máximas de possível ocorrência na região do empreendimento, de modo a embasar o dimensionamento das estruturas hidráulicas do sistema de captação e condução das águas pluviais, até o ponto de descarte adequado do sistema. Para tal, são realizadas análises do regime pluviométrico e da natureza das precipitações intensas da região, conforme se segue.

1.1. METODOLOGIA APLICADA

Para a determinação da precipitação máxima utilizou-se a equação que correlaciona as características como intensidade, duração e frequência. Essa relação permite ainda a obtenção de valores para diferentes tempos de concentração e tempos de retorno. Na estimativa de vazões em função dos dados de chuva, a grandeza utilizada é a precipitação excedente por esta contribuir efetivamente para o 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, como a seguir:

- Sub-bacias com áreas até 50 ha: utiliza-se o Método Racional;
- Sub-bacias com áreas entre 50 ha e 100 ha: utiliza-se o Método Racional Corrigido;
- Sub-bacias com área maior que 100 ha: Ven Te Chow.

1.1.1.MÉTODO RACIONAL

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

Admite-se, na sua aplicação, que a chuva tenha uma intensidade constante e uniformemente distribuída sobre a superfície da bacia e sua duração deverá ser maior ou igual ao seu tempo de concentração. 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, que representa uma relação entre a vazão máxima escoada e a intensidade de precipitação, depende de algumas variáveis para a sua determinação como tipo de solo e do uso da terra, duração e intensidade da chuva e da rede de drenagem existente. A Equação 1-1 representa o cálculo da vazão pelo método racional.

$$Q = 166,67 \times C \times i \times A$$

Equação 1-1 – Cálculo da Vazão

Sendo:

Q – Vazão (l/s);

C – Coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

i – Intensidade média da precipitação (mm/min);

A – Área da bacia (ha).

1.1.1.1. COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL “C”

Coeficiente também denominado por deflúvio superficial ou coeficiente de run off. Variável determinada em função de uma série de fatores, como o tipo de solo, ocupação da bacia, umidade antecedente, intensidade da chuva e outros. Assim, devido às diversas condições e combinações dos fatores citados anteriormente, apenas parte de volume precipitado sobre a bacia atinge a seção sob a forma de escoamento superficial.

Portanto, na determinação de seus valores, necessita-se de alguns cuidados como: a escolha de valores considerando as condições futuras de urbanização da bacia; estimar através de uma média ponderada, caso a bacia seja muito heterogênea; entre outros.

Para este empreendimento utilizou-se o valor $C=0,75$, devido ao uso e ocupação do solo.

1.1.1.2. INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO “i” – EQUAÇÃO DE CHUVA

Com base em observações das precipitações num determinado local, pode-se obter uma relação entre três variáveis como a intensidade, duração e frequência das precipitações. Esta permite a avaliação das precipitações máximas de chuva para diferentes durações e períodos de retorno (SANTOS, 2010).

Portanto, segundo Santos (2010), considera-se a intensidade como a quantidade de precipitação que ocorre em uma unidade de tempo para uma chuva com determinada frequência e duração igual ao tempo de concentração.

Para o cálculo da intensidade de precipitação utiliza-se, preferencialmente, a equação de chuvas intensas do município em estudo. Como o município de Santa Rita do Sapucaí não possui equação de chuvas torna-se necessário elaborar o estudo hidrológico do município, utilizando os dados históricos do posto pluviométrico local ou a utilização da equação de chuvas de algum município vizinho, inserido na mesma bacia hidrológica e com histórico de precipitações semelhante.

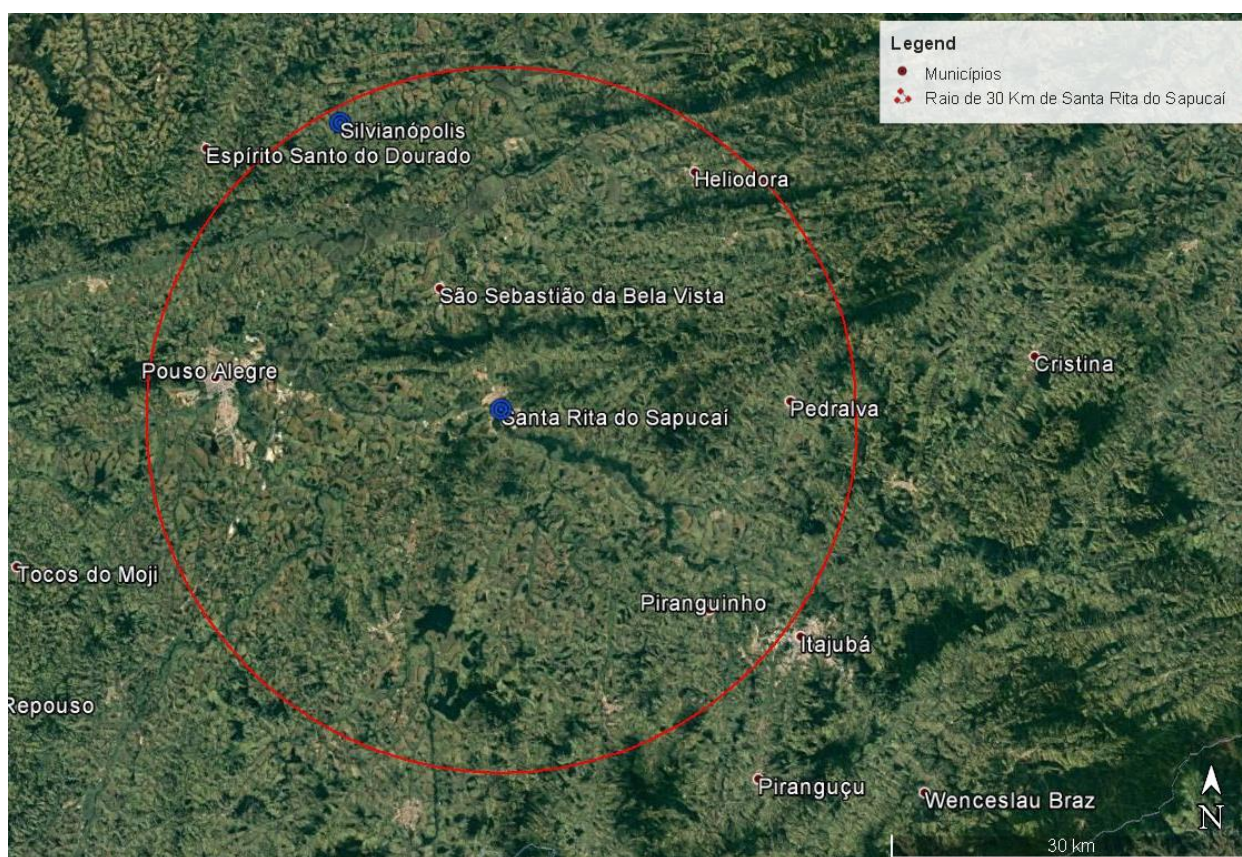


Figura 1-1 – Localização dos municípios de Santa Rita do Sapucaí e Silvianópolis

Fonte: DAC Engenharia

A seguir, na Figura 1-2, são apresentados os valores médios mensais das alturas pluviométricas para as cidades de Santa Rita do Sapucaí e Silvianópolis. Percebe-se que existe uma boa compatibilidade pluviométrica entre os municípios, validando a transposição da equação de chuva intensa desenvolvida para o município de Silvianópolis no município de Santa Rita do Sapucaí.

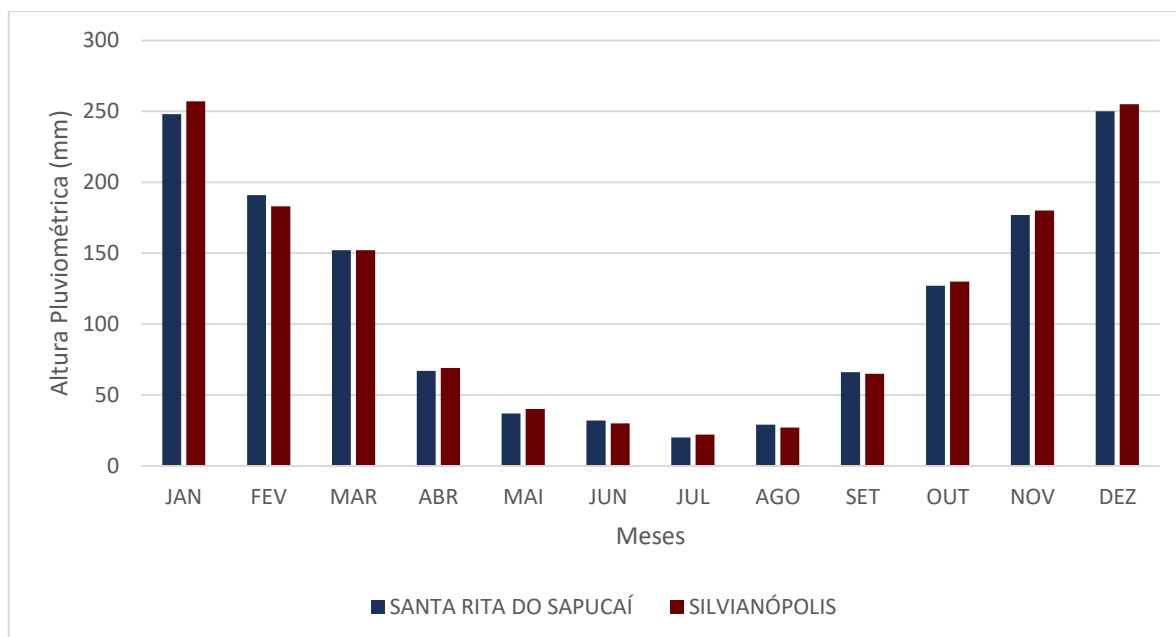


Figura 1-2 – Pluviograma Médio dos totais mensais de Santa Rita do Sapucaí

Fonte: Climate-Data.org

Após a análise dos gráficos é possível afirmar que as precipitações dos municípios de Santa Rita do Sapucaí e Silvianópolis apresentam um comportamento semelhante, com os valores totais médios mensais próximos nos períodos chuvosos e de estiagem.

A equação relaciona intensidade, duração e período de retorno para o município de Santa Rita do Sapucaí. Para sua formulação os dados foram obtidos da estação ANEEL-02245089 de Silvianópolis (de coordenadas geográficas: Lat. 22°02'S, Long. 45°50'W e Altitude de 870 m), durante um período de 26 anos, e é utilizada somente para chuvas de duração entre 10 e 1440 minutos. A referida equação é apresentada a seguir, pela Equação 1-2.

$$i = \frac{666,8940 \cdot T^{0,184}}{(t + 20,877)^{0,635}}$$

Equação 1-2 – Cálculo da Intensidade de chuva.

Onde:

I: Intensidade de chuvas, (mm/h);

Tr: tempo de recorrência, (anos);

Tc: tempo de concentração (min).

1.1.1.3. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO “ t_c ” E PERÍODO DE RETORNO “ T ”

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 a 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.

1.1.1.4. ÁREA DE DRENAGEM DAS BACIAS

As áreas de drenagem foram determinadas a partir da delimitação de sub-bacias na área do empreendimento, considerando a direção real dos escoamentos superficiais.

Nas contribuições das áreas nas vias, ou áreas acumuladas, considera-se a divisão de acordo com o sentido de guias e sarjetas, além das contribuições provenientes de ruas transversais.

2. 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.

2.1. VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DE ESCOAMENTO EM GUIAS E SARJETAS

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 2, conforme Figura 2-1.

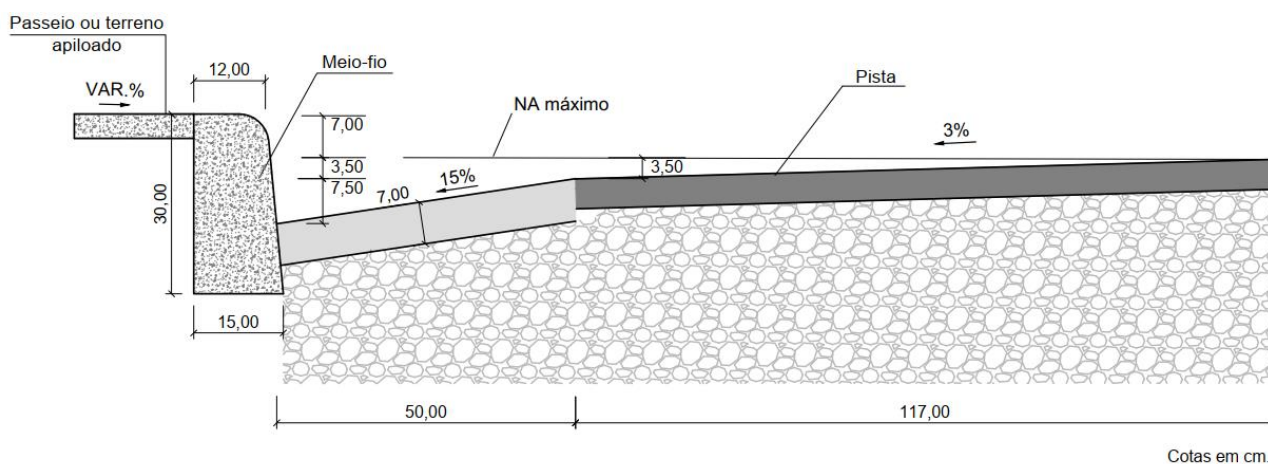


Figura 2-1 – Sarjeta tipo 2

Fonte: DAC Engenharia

O escoamento superficial foi calculado pelo método de Izzard/Manning, sendo a vazão comportada pela sarjeta determinada pela Equação 2-1.

$$Q_0 = 0,375 \cdot \left(\frac{z}{\eta}\right) \cdot \sqrt{I} \cdot (y_0)^{8/3}$$

Equação 2-1 – Vazão da sarjeta

Onde:

Q_0 : Vazão (m^3/s);

z : relação entre a largura e a altura da lâmina de água na sarjeta (m/m);

I : declividade longitudinal (m/m);

y_0 : altura máxima de água na sarjeta (m);

η : coeficiente de rugosidade da tubulação, adimensional.

Considerando as características hidráulicas da sarjeta (Figura 2-2), 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 2-3.

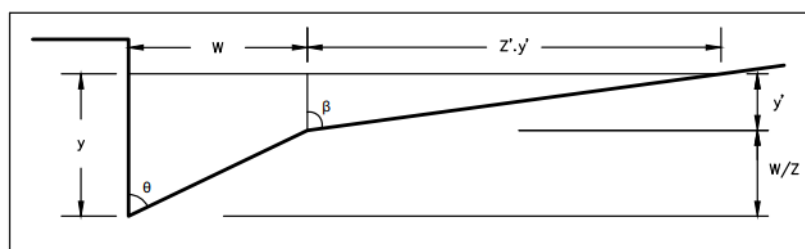


Figura 2-2 – Característica hidráulica da sarjeta

Fonte: DAC Engenharia

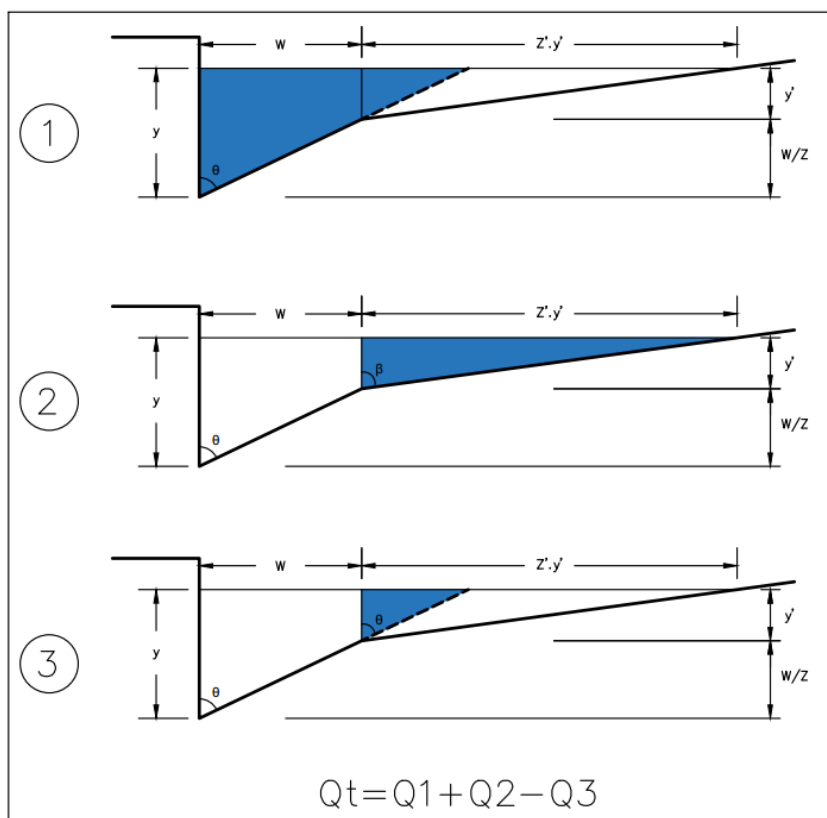


Figura 2-3 – Detalhes hidráulicos da sarjeta

Fonte: DAC Engenharia

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.

2.2. DIMENSIONAMENTO DA GALERIA

2.2.1.POSICIONAMENTO

As galerias deverão ser posicionadas no eixo das vias públicas, devendo ser previstas sempre que houver pelo menos uma das seguintes situações:

- Vazão contribuinte maior do que a capacidade de escoamento das vias;
- Velocidade de escoamento nas vias maior que 6,00 m/s;
- Existência de pontos baixos, onde deverão ser implantadas bocas de lobo.

Após a locação do primeiro poço de visita com as respectivas bocas de lobo, são distribuídos outros poços de visitas conforme a necessidade de novos pontos de coleta do escoamento superficial, curvas em planta ou alterações de declividade ou diâmetro de tubulação. Cada captador tem um limite de capacidade de esgotamento de acordo com o tipo de boca de lobo utilizado.

2.2.2.DIÂMETRO MÍNIMO

Foi adotado como parâmetro de projeto o diâmetro mínimo para ligações de ramais entre bocas de lobo e poços de visita de 0,50 m, e para os tubos para troncos da galeria, 0,60 m. Deve-se verificar também o diâmetro necessário para conduzir o fluxo afluente, respeitando-se a capacidade de vazão do tubo. Para os ramais de boca de lobo – BL ter-se-á diâmetros mínimos de 0,50m, com declividade mínima de 1,0%.

2.2.3.CÁLCULO DA VAZÃO NA GALERIA

Na mesma etapa do projeto, para o dimensionamento, verifica-se a vazão para cada trecho entre PVs, através do somatório de vazões dos captadores (Exemplo: bocas de lobo contribuintes) e dos ramais de galeria à montante.

2.2.4.VELOCIDADE DE ESCOAMENTO

A velocidade do escoamento é um parâmetro fundamental na definição da galeria a ser projetada ou verificada hidraulicamente. Se, em função da declividade do conduto e de

suas dimensões o fluxo na galeria apresentar velocidades baixas, poderá ocorrer assoreamento ao longo de sua extensão. Porém, se a declividade for acentuada e a velocidade ultrapassar o limite máximo recomendado é necessário à adequação da declividade ou o redimensionamento do conduto, de forma a evitar a ocorrência de fenômenos erosivos no interior da galeria, mantendo o tempo de vida útil de seus dispositivos.

Assim, os limites de velocidade d'água no interior das galerias serão os seguintes:

- $V_{mín.} = 0,75 \text{ (m/s)}$;
- $V_{máx.} = 6,50 \text{ (m/s)}$ (ou velocidade de seção plena).

A velocidade pode ser calculada através da Equação 2-2.

$$v = \frac{R_h^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{I}}{n}$$

Equação 2-2 – Velocidade

Onde:

v – Velocidade (m/s);

i – Declividade do conduto (m/m);

R_h – Raio hidráulico (m);

n – Coeficiente de rugosidade (adimensional).

O raio hidráulico (R_h) é obtido por meio da Equação 2-3:

$$R_h = \frac{A_m}{P_m}$$

Equação 2-3 – Raio hidráulico

Em que:

A_m – Área da seção molhada (m^2);

P_m – Perímetro molhado (m).

O coeficiente de rugosidade é adotado conforme o material empregado no dispositivo, como determinado no Tabela 2-1.

Tabela 2-1 – Valores do coeficiente de rugosidade para diferentes materiais de revestimento

Material	Coeficiente (n)
Tubos em PVC	0,013
Galerias ou bueiros em concreto	0,013
Canais trapezoidais ou retangulares:	
Em concreto	0,013
Alvenaria de Pedra Argamassada	0,025
Em gabiões	0,029
Em gabiões revestidos com concreto magro	0,018
Sem revestimento	0,030
Em concreto irregular	0,033
Revestido com grama em placas	0,030
Revestido com enrocamento bem construído	0,030
Concreto para sarjeta	0,014

Fonte: DAC Engenharia

Para o descarte, busca-se o diâmetro e declividade ideal para que este seja realizado com a menor velocidade possível, sempre limitada a 6,0 m/s ou velocidade de seção plena, calculada pela Equação 2-2.

2.2.5.CAPACIDADE MÁXIMA DA GALERIA (m³/s)

Para a obtenção do valor máximo suportado pela via e para o dimensionamento das galerias é empregada a equação da continuidade. Assim, a vazão máxima à seção plena nos condutos é obtida pela equação a seguir.

$$Q = v \cdot S$$

Equação 2-4 – Vazão da galeria

, em que:

- Q – Vazão (m³/s);
- v – Velocidade a seção plena: Velocidade de escoamento (m/s);
- S – Área da seção (m²).

Portanto, como critério de dimensionamento, a capacidade máxima da galeria deve ser superior à vazão que se deseja transportar. O mesmo para a velocidade que não deve ser superior a 6,50 (m/s).

2.2.6.RECOBRIMENTO MÍNIMO NA GALERIA

Nos locais por onde a tubulação passa e que fazem parte do sistema viário, será considerado o recobrimento mínimo de 1,0 metro acima da geratriz superior do tubo, para garantia da segurança estrutural das galerias.

Para as demais áreas onde não ocorra trânsito de veículos o recobrimento mínimo a ser adotado é de 0,60 metros.

2.2.7.DESCARTE

O descarte da galeria de drenagem será realizado pela Boca de bueiro 29 executada na Fase I da Avenida projetada.

3. PAVIMENTAÇÃO

3.1. DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO

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.

3.1.1. 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.

3.1.2. PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO

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

3.1.2.1. 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 3-1 apresentada abaixo:

Tabela 3-1 – 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 $6,8 \times 10^5$	5×10^5
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 da projeção futura de utilização da via, foi considerado o tráfego de Vias Coletoras e Estruturais (PESADO). O valor obtido para o período e especificações de projeto citados acima foi de $N = 2 \times 10^6$.

3.1.2.2. ÍNDICE DE SUPORTE DO SUBLEITO (CBR)

Para o dimensionamento do pavimento será adotado como valor mínimo de **CBR de 10%**.

3.1.3. 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 3-2 que se segue.

Tabela 3-2 – Tipo de Revestimento em Função de 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 necessário 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:

$$R \times KR + B \times KB \geq h_{20}$$

Equação 3-1 – Determinação da Espessura da Camada de Base

$$R \times KR + B \times KB + h_{20} \times K_s \geq H_n$$

Equação 3-2 – Determinação da Espessura sobre o Reforço do Sub-Leito

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

Equação 3-3 – Determinação da Espessura Total do Pavimento

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, KS, KREF = coeficientes de equivalência estrutural.

As espessuras H_m, H_n, e H₂₀ são obtidas através do ábaco apresentado na Figura 3-1, onde a espessura é função do número “N” e do valor do CBR do subleito, da sub-base ou do reforço do subleito.

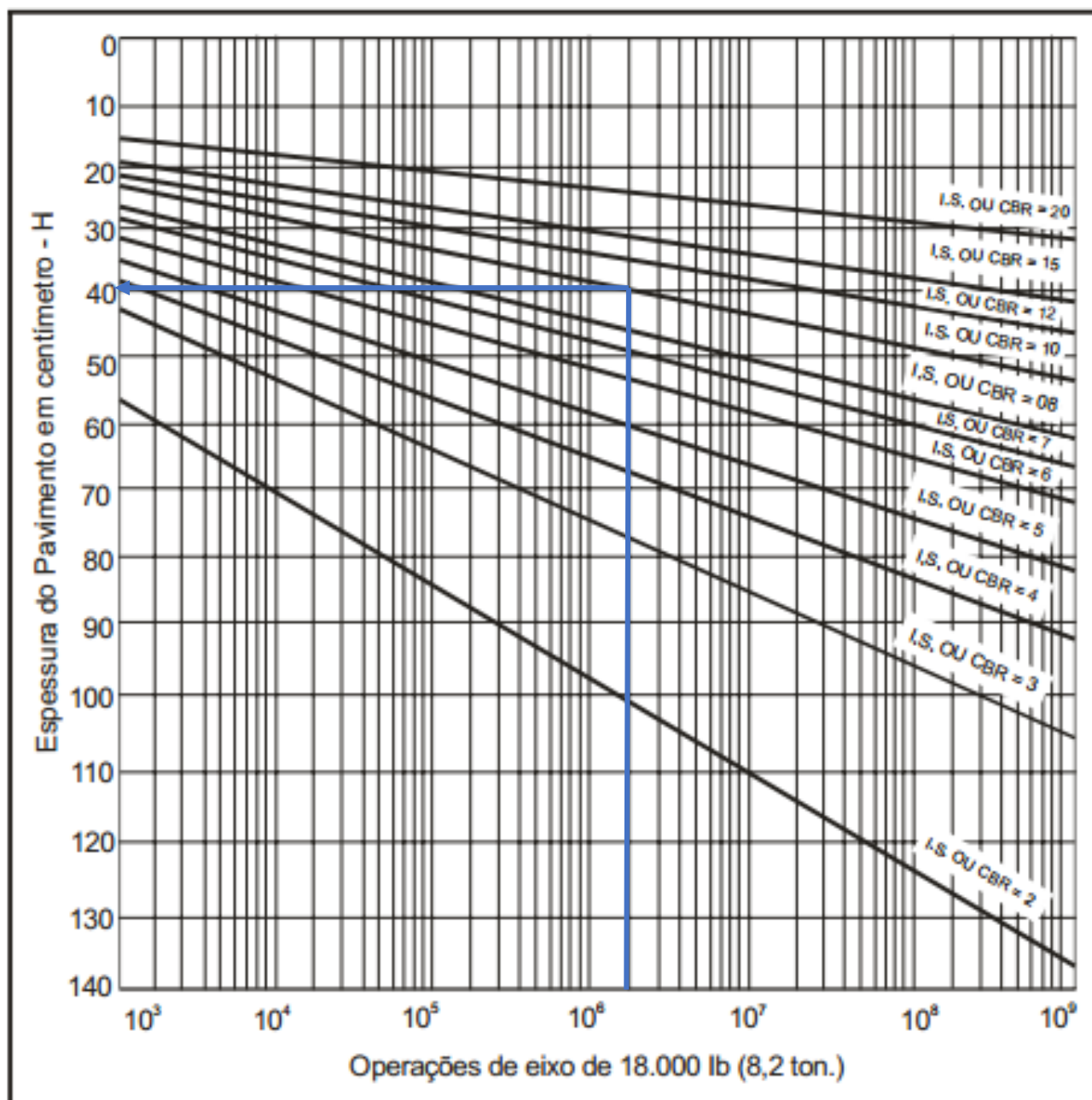


Figura 3-1 – Ábaco de determinação da espessura do pavimento

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 3-3 que se segue.

Tabela 3-3 – 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
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;
- Sub-base granular: K = 1,0;
- CBR do subleito = 10,00%.

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.

Pintura de Ligação: RR 2-C 1,0 l/m² (Proporção de 20% de água e 80% de RR-2C).

Imprimação Impermeabilizante: CM-30 1,4 l/m².

Base: 15 cm de Bica Corrida (CBR ≥ 80%, Expansão ≤ 0,3%, Compactação a 100% Proctor Modificado).

Sub-Base: 15 cm de Solo-Brita (50:50) (CBR ≥ 30%, Expansão ≤ 1,0%, Compactação a 100% Proctor Intermediário).

Reforço Subleito: Devido às características do solo e a presença de nível d'água no trecho delimitado pelo pavimento Tipo 01, deverá ser executada uma camada de reforço com Rachão, espessura estimada de 50 cm.

A seguir na Figura 3-2 apresenta-se a camada da Seção Transversal Tipo 01 do pavimento projetado:

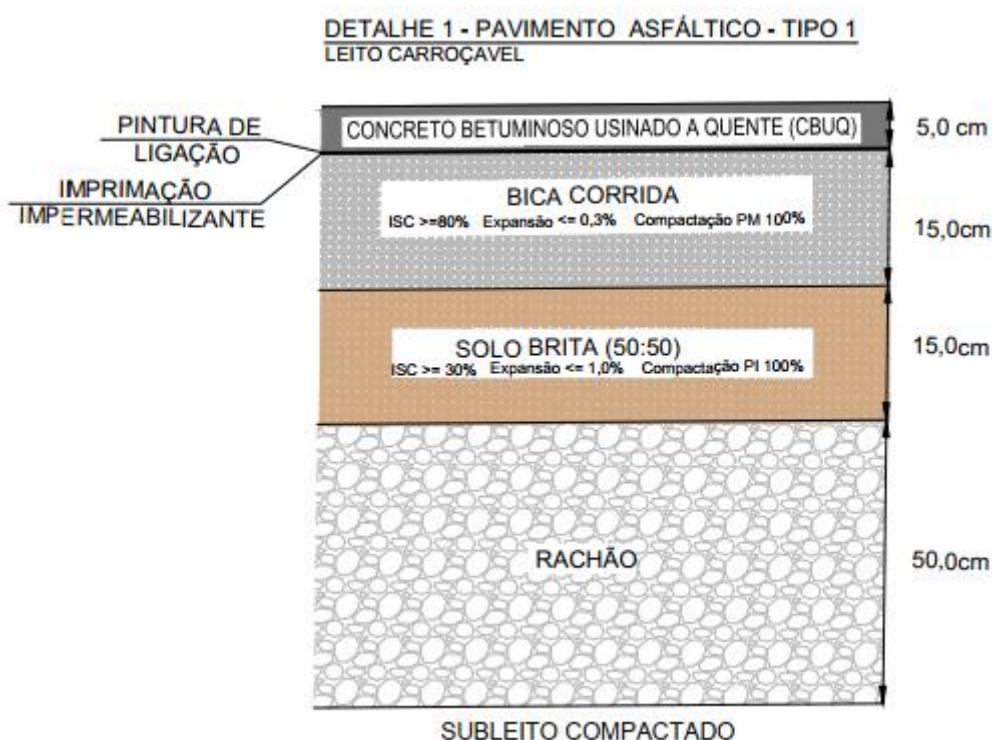


Figura 3-2 – Pavimento Flexível da Via – Tipo 01

Fonte: DAC Engenharia

A seguir na Figura 3-3 apresentam-se as camadas que deverão ser executadas no pavimento Tipo 02, conforme detalhado no projeto executivo de pavimentação.

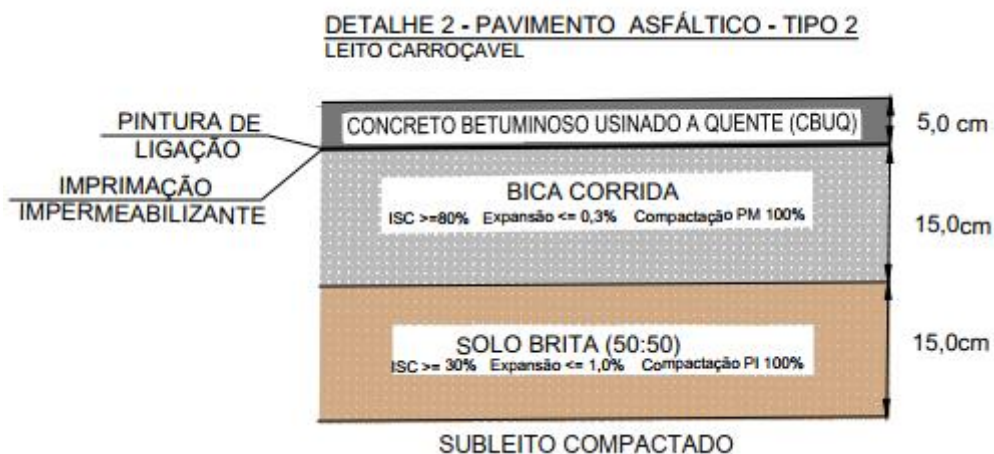


Figura 3-3 – Pavimento Flexível da Via – Tipo 02

Fonte: DAC Engenharia

O pavimento dos passeios e ciclovias por se tratar de vias exclusivas para pedestres e ciclistas, o tráfego é considerado leve. Sendo assim, será executado um pavimento de concreto usinado, conforme apresentado na Figura 3-4.

DETALHE 3 - PAVIMENTO CONCRETO
CALÇADAS E CICLOVIA

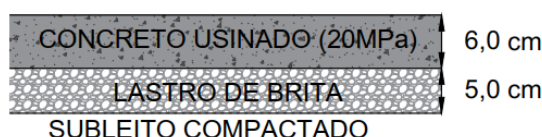


Figura 3-4 – Pavimento Passeio e ciclovia

Fonte: DAC Engenharia

3.1.4.ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇOS

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

- Pavimento Flexível: Mistura Asfálticas a Quente – DNER – ES 031/06;
- Imprimação Impermeabilizante – DNIT – ES 144/14;
- Pintura de Ligação Impermeabilizante – DNIT – ES 145/12;
- Base ou Sub-Base Bica Corrida – ET-DE-P00/010_A;
- Solo Brita – DNIT – ES 303/97;
- Reforço do Subleito – DNIT – ES 138/10;
- Preparo do Subleito – DNIT – ES 299/97;
- Execução de Estruturas de Concreto – Procedimento – ABNT – NBR 14.931.

Obs.: A Especificação de Serviço ET-DE-P00/010 indicada para a execução da camada de Bica Corrida 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.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOOGLE EARTH – Programa Google Earth. 2017.

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

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 Espírito Santo, Vitória, 2010. 173 p.

ANEXO I – DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DA GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS

PROJETO DE GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS

AVENIDA BILAC PINTO

coef. de esc. superf. : 0,75				tc inicial = 10 min																				Folha
coef. de manning Concr./PEAD: 0,014 0,010				TR = 10 anos																				1
Trecho			Ext.	Área de		Δtc	tc	Intens.	Vazão	Seção	Material	Decliv.	Capac.	Vproj	y/D	COTAS (m)				Prof. da		Degrau		
				Contribuição (ha)												Terreno		Galeria		Galeria (m)				
Mont.	-	Jus.	(m)	Parc.	Acum.	(min)	(min)	(mm/h)	(m³/s)	(m)		(m/m)	(m³/s)	(m/s)		Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	(m)		
21	-	22	50,00	5,153	5,153	0,16	10,00	117,417	1,260	0,60	Concreto	0,0529	1,311	5,24	0,80	847,694	845,150	845,994	843,350	1,70	1,80	0,50		
22	-	23	35,00	0,722	5,874	0,10	10,16	117,018	1,432	0,60	Concreto	0,0680	1,487	5,94	0,80	845,150	842,170	842,850	840,470	2,30	1,70	1,65		
23	-	24	54,00	0,381	6,255	0,14	10,26	116,771	1,522	0,60	Concreto	0,0769	1,581	6,32	0,80	842,170	836,366	838,820	834,666	3,35	1,70	0,70		
24	-	25	43,00	0,297	6,552	0,12	10,40	116,427	1,589	0,80	Concreto	0,0556	2,895	5,87	0,52	836,366	833,476	833,966	831,576	2,40	1,90	0,60		
25	-	26	56,00	0,240	6,792	0,35	10,52	116,133	1,643	1,00	Concreto	0,0069	1,848	2,64	0,73	833,476	832,690	830,976	830,590	2,50	2,10	0,00		
26	-	27	56,00	0,284	7,076	0,35	10,87	115,289	1,700	1,00	Concreto	0,0069	1,853	2,64	0,76	832,690	832,402	830,590	830,202	2,10	2,20	0,00		
27	-	28	40,00	0,171	7,247	0,23	11,22	114,461	1,728	1,00	Concreto	0,0085	2,053	2,93	0,71	832,402	832,462	830,202	829,862	2,20	2,60	0,50		
28	-	29	17,00	0,137	7,384	0,09	11,45	113,925	1,753	1,00	Concreto	0,0096	2,187	3,09	0,68	832,462	830,198	829,362	829,198	3,10	1,00	0,00		