

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS - UNIS/MG

ENGENHARIA CIVIL

EDUARDO GUILHERME

**DRENAGEM URBANA: Estudo de caso do loteamento do bairro Treviso –
Varginha/MG**

**Varginha
2015**

EDUARDO GUILHERME

**DRENAGEM URBANA: Estudo de caso do loteamento do bairro Treviso –
Varginha/MG**

Trabalho apresentado como requisito para obtenção dos créditos da disciplina TCC 2, 10º período do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG sob orientação do Prof. Leopoldo Uberto Ribeiro Júnior.

**Varginha
2015**

EDUARDO GUILHERME

DRENAGEM URBANA: Estudo de caso do loteamento do bairro Treviso.

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas (UNIS-MG), como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

Prof. Dr. Leopoldo Uberto Ribeiro Júnior
Orientador

Prof. Me. Roberto Luiz Queiroz
Examinador

Prof. Me. Guaracy Silva
Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho, especialmente os orientadores, professores, colegas e familiares.

RESUMO

No Presente trabalho, foi averiguado as condições de microdrenagem no loteamento do bairro Treviso em Varginha, face as recomendações teóricas contidos em literatura técnica, e diretrizes de projetos similares em outras cidades. O foco do trabalho foi a verificação sobre o acúmulo de água causado após as chuvas, sobre uma importante via de acesso para o bairro, bem como o funcionamento das galerias em virtude das recomendações de diferentes autores no assunto. Verificou-se que a eficiência das bocas-de-lobo no loteamento, resultaram na capacidade de engolimento superiores a vazão das áreas de contribuição, propondo soluções para o acúmulo formado pela própria subbacia de contribuição e localizado nas cotas mais baixas do bairro. Foi reavaliado o projeto original de drenagem pluvial do loteamento, uma vez que o dimensionamento das galerias, diverge das recomendações técnicas dos autores estudados.

Palavras Chave: Varginha, Bairro Treviso, microdrenagem, acúmulo de água.

ABSTRACT

In the present study, were investigated the microdrainage conditions in the neighborhood of Treviso in Varginha with theoretical subsyd contained in the technical literature, and guidelines for similar projects in other cities. The focus of the work was to check the accumulation of water caused after the rains on an important access road to the neighborhood as well as the operation of galleries face the recommendations of different authors on the subject. It was found, that the efficiency of storm drain at the allotment, resulted in swallowing capacity greater than the flow areas of contribution, proposing solutions to the puddling located on the road, formed by own contribution of subbacia. It was re-evaluated the original design of storm drainage from the allotment, since the design of the galleries, are not consistent with the technical recommendations of the studied authors.

Keywords: *Varginha, Treviso district, microdrainage, puddling.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Ciclo hidrológico.....	14
Figura 02 – Bairro Treviso	22
Figura 03 – Perfil do terreno.....	22
Figura 04 – Visão panorâmica.....	23
Figura 05 – Declividade da rua sete	25
Figura 06 – Declividade da av um.....	26
Figura 07 – Declividade da rua e sarjeta	26
Figura 08 – Boca de lobo.....	27
Figura 09 – Localização da poça de água após a chuva	28
Figura 10 – Coeficientes para intensidade pluvial de varginha.....	34
Figura 11 – Bacia de contribuição.....	35
Figura 12 – Subbacias e sentido do escoamento.....	36
Figura 13 – Seção da sarjeta com piso de asfalto	37
Figura 14 – Fator de redução da capacidade da sarjeta	40
Figura 15 – Diagrama de configurações de escoamento na sarjeta e pavimento	41
Figura 16 –Cruzamento da rua Abraão Caineli	42
Figura 17 – Detalhe do cruzamento.....	42
Figura 18 – Bocas de lobo	43
Figura 19 – Seção da Boca de lobo com depressão.....	44
Figura 20 – Posição das Bocas-de-lobo.....	46
Figura 21 – Ligações excessivas no poço de visita	50
Figura 22 – Posicionamento das galerias	51
Figura 23 – Degrau no poço de visita.....	52
Figura 24 – Coeficientes para a relação y/d	54
Figura 25 – Coincidência pela geratriz ou lâmina de água.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Método hidrológico	20
Tabela 02 – Dados físicos do projeto	24
Tabela 03 – Coeficiente de Runoff.....	29
Tabela 04 – Relação das áreas e coeficientes adotados.....	30
Tabela 05 – Tempo de retorno.....	32
Tabela 06 – Coeficiente para redução da capacidade das bocas-de-lobo.....	44
Tabela 07 – Quantidade de bocas de lobo	47
Tabela 08 – Recobrimento, profundidade e inclinações	48
Tabela 09 – Recobrimento mínimo do tubo de concreto	49
Tabela 10 – Diâmetro dos tubos de ligação.....	49
Tabela 11 – Distância entre poços de visita	50
Tabela 12 – Declividade mínima para o coletor.....	56
Tabela 13 – Capacidade da boca-de-lobo (Tempo de retorno = 5 anos).....	57
Tabela 14 – Capacidade da boca-de-lobo (Tempo de retorno = 10 anos).....	57
Tabela 15 – Cálculo das galerias	58
Tabela 16 – Coincidência pela geratriz ou lâmina de água	59
Tabela 17 – Comparação entre custos dos tubos	62
Tabela 18 – Comparação entre custos de escavação	63
Tabela 19 – Comparação entre custos considerando escavação e galerias	63

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 JUSTIFICATIVA.....	13
3 OBJETIVOS.....	13
3.1 Objetivo Geral.....	13
3.2 Objetivos específicos.....	13
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
4.1 Ciclo hidrológico.....	14
4.2 Urbanização e impermeabilização do solo.....	15
4.3 Interferências do escoamento superficial nas vias de trânsito.....	16
4.4 Sistemas de Drenagem das Águas Pluviais Urbanas.....	16
4.5 O Plano diretor.....	17
4.6 Premissas para Drenagem Urbana.....	18
4.7 Projeto básico.....	19
4.8 Plano diretor de Varginha.....	19
4.9 Drenagem urbana na Legislação municipal varginhense.....	20
4.10 Método racional.....	20
4.11 Limitações do método racional.....	21
5 MATERIAL E MÉTODO.....	21
5.1 Topografia do bairro Treviso.....	22
5.2 Declividade transversal das ruas e sarjetas.....	25
5.3 Manutenção do sistema.....	27
5.4 Coeficiente de Runoff.....	28
5.5 Adoção do Coeficiente (C) para o escoamento superficial.....	29
5.6 Cálculo da declividade média.....	31
5.7 Tempo de concentração.....	31
5.8 Tempo de retorno.....	32
5.9 Tempo de retorno adotado para o bairro Treviso.....	33
5.10 Intensidade pluvial.....	33
5.11 Intensidade pluvial na cidade de varginha.....	34
5.12 Bacia de contribuição.....	35
5.13 Subbacias de contribuição.....	35
5.14 Cálculo pelo Método Racional.....	36
5.15 Fórmula de Manning para vazão na sarjeta.....	37
5.16 Capacidade da sarjeta com piso asfaltado.....	37
5.17 Fator de redução da capacidade da sarjeta.....	40
5.18 Bocas de lobo.....	41
5.19 Capacidade de engolimento da boca de lobo.....	43

5.20 Eficiência da boca de lobo.....	44
5.21 Localização das bocas de lobo no bairro Treviso.....	45
5.22 Galerias.....	47
5.23 Ligação entre bocas de logo e a canalização.....	49
5.24 Caixas de ligação.....	49
5.25 Poço de visita.....	50
5.26 Posicionamento das galerias.....	51
5.27 Cálculo das galerias.....	52
5.28 Velocidade mínima para galerias.....	55
5.29 Velocidade máxima para galerias.....	56
6 RESULTADOS.....	57
6.1 Revisão de projeto.....	60
7 CONCLUSÃO.....	64
REFERÊNCIAS.....	65
APÊNDICE A.....	67
APÊNDICE B.....	68
APÊNDICE C.....	69
APÊNDICE D.....	70
APÊNDICE E.....	71
APÊNDICE F.....	73
APÊNDICE G.....	75
APÊNDICE H.....	77
APÊNDICE I.....	79
APÊNDICE J.....	82
APÊNDICE K.....	85

APÊNDICE L.....	88
APÊNDICE M.....	89

1 INTRODUÇÃO

A drenagem urbana, está relacionada às soluções de engenharia, para direcionamento e condução de águas pluviais provindas de praças, ruas, loteamentos com construções ou não, e demais elementos do espaço urbano que recebem de forma direta as águas da chuva. A ineficiência deste sistema, pode gerar efeitos danosos sobre a população, e afetar onerosamente aos órgãos públicos.

Em Varginha, é percebido a quantidade de novos empreendimentos imobiliários, expandindo em muitas partes da cidade, implicando em mudanças significativas das condições naturais de escoamento superficial das águas pluviais. Estas mudanças devem ser acompanhadas de um estudo técnico capaz de avaliar não só os impactos imediatos, mas também a forma sustentável de operação aliada aos menores riscos futuros.

Especificamente a jusante do Bairro Treviso, é notável o acúmulo de água na Avenida “um” com a rua Abraão Caineli que faz a ligação entre os bairros São Lucas, Parque Ileana, Vargem e Santa Maria, e devido as condições topográficas, há escoamento das águas pluviais que se acumulam em alguns pontos desta rua. Sendo este loteamento um empreendimento relativamente novo, com poucas construções até o presente momento, é justificável tal preocupação, assim como a qualidade da drenagem nestes locais, uma vez que a infraestrutura pluvial já foi implantada, e está situada próximo ao ribeirão Santana, pelo qual já sofreu algumas enchentes.

2 JUSTIFICATIVA

Deficiências no sistema de drenagem urbana podem ocasionar diversos transtornos a sociedade, como inundações, perdas materiais, acidentes viários, etc.

Cabe ao município implantar e cumprir as diretrizes do plano diretor para a drenagem urbana, onde as alterações ambientais só se justificariam quando acompanhadas da melhora na qualidade de vida da população.

Atividades de fiscalização e limpeza da rede, propiciam o bom funcionamento do sistema e amenizam os impactos negativos, especialmente em períodos chuvosos.

É essencial que o projetista utilize das técnicas necessárias com subsídio na literatura, para que o sistema possa operar de forma satisfatória, evitando retrabalhos e custos.

3 OBJETIVOS

O presente trabalho visa identificar os problemas de microdrenagem do bairro Treviso, elaborando alternativas como solução.

3.1 Objetivo Geral

Avaliação do sistema de drenagem no loteamento, perante a literatura técnica pertinente, bem como diretrizes de projetos em outras cidades.

3.2 Objetivos Específicos

- Verificação do acúmulo de água na Rua Abraão Caineli
- Analisar a topografia e definição das áreas de contribuição
- Avaliar as vazões da bacia em diferentes tempos de retorno
- Calcular a capacidade das sarjetas existentes
- Averiguação da capacidade das bocas-de-lobo existentes
- Impacto ao sistema devido as correções no dimensionamento
- Observar as condições de manutenção do sistema
- Propor diferentes soluções de projeto
- Impacto financeiro entre diferentes soluções de projeto

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

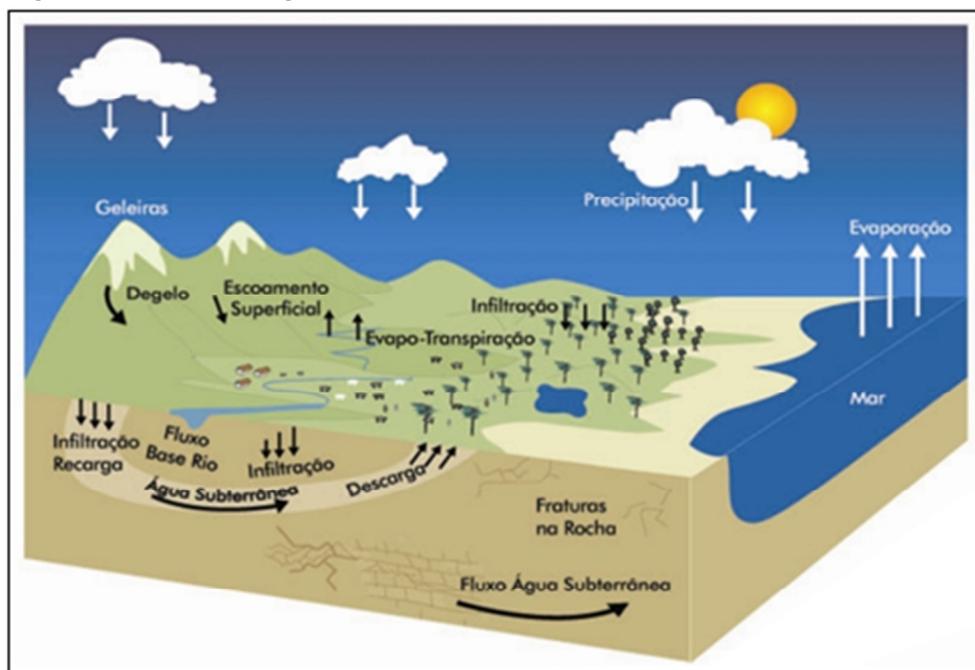
4.1 Ciclo hidrológico

É a dinâmica natural da água presente nos oceanos, continentes e na atmosfera, devido ao seu constante deslocamento no meio ambiente. Este movimento é realizado pela força gravitacional agindo sobre as partículas, bem como a energia solar que conferem calor as águas, iniciando o processo de evaporação.

As águas decorrentes das precipitações terão comportamento fluído, percorrendo por diversos obstáculos, que preencherão os espaços vazios das rochas ou do solo através da percolação, onde poderão retornar para os rios e lagos, e dependendo das condições climáticas, haverá a possibilidade de congelamento deste líquido. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2015).

Segundo Gribbin (2012, p.153), o ciclo hidrológico, apesar de passar por fenômenos complexos, consegue-se uma explicação relativamente simples, iniciando pela evaporação dos oceanos e lagos, formação e deslocamento das nuvens pela atmosfera, condensação e precipitação da chuva que escoará pelo solo alcançando os córregos, completando o ciclo quando as águas atingem os oceanos e lagos, representado na figura 01.

Figura 01 – Ciclo hidrológico



Fonte: (Ministério do Meio Ambiente)

4.2 Urbanização e impermeabilização do solo

Segundo Botelho (2011, p.17), as atividades dos ventos, precipitações, e outras condições naturais, são capazes de modificar o ambiente, conferindo-lhe após milhares de anos, um equilíbrio pelo qual os processos erosivos gradualmente se estabilizam em conformação, a topografia e geologia local.

Para o autor, com o início da urbanização houve uma atratividade quanto à ocupação do solo, resultando em uma série de modificações no estado original, tais como a redução das áreas verdes, e também da capacidade de infiltração devido às impermeabilizações.

Na percepção de Yamawaki (2013, p.42), o desenvolvimento urbano com todas as suas vantagens e facilidades, certamente contribuíram muito para o progresso e o bem estar da população, porém este mesmo desenvolvimento camuflou não apenas as questões de ordem social, mas também aos problemas relacionados a infraestrutura básica:

As extensas áreas impermeabilizadas distribuídas nos ambientes antropizados favorecem as inundações, que podem provocar perdas materiais e até de vidas humanas. O Poder Público TEM A OBRIGAÇÃO DE SE ANTECIPAR A ESSES FENÔMENOS, que, em vários casos, mostram-se recorrentes nos períodos chuvosos, aplicando medidas preventivas e corretivas mais adequadas.

Para Philippi et al (2005, p.222), o ecossistema possui grande sensibilidade às atividades antrópicas, onde na maioria dos casos, os efeitos da urbanização ocorrem de forma ríspida ao meio ambiente, inviabilizando o crescimento sustentável.

Segundo o autor, as reduções da capacidade de absorção pelos solos provocam alterações no fluxo das águas pluviais, gerando aumento no volume devido às impermeabilizações, resultando na elevação do escoamento superficial e potencializando a ocorrência de inundações.

4.3 Interferências do escoamento superficial nas vias de trânsito

Segundo o manual da CETESB (1980, p.254) dependendo da falha cometida em projeto, poderá comprometer a função de drenagem e gerar transtornos como o acúmulo de água nas vias, que prejudicam o tráfego de veículos e elevam o risco de sérios acidentes automobilísticos.

Os efeitos negativos da água não drenada, também afetam os pedestres que terão dificuldades ao atravessar as vias, além do inconveniente dos espirros do líquido empoçado nas adjacências da calçada.

4.4 Sistemas de Drenagem das Águas Pluviais Urbanas

De acordo com o manual da CETESB (1980, p.171), o sistema de drenagem urbana é composto por um conjunto de galerias de águas pluviais, formado por condutos, poços de visita, bocas de lobo e outros dispositivos, possuindo a finalidade de coleta e condução, das vazões provenientes da chuva inicial de projeto para um ponto de lançamento, em um sistema geral de drenagem.

Para Tucci (1995, p.77), o sistema pluvial é composto de vários elementos, onde o autor utiliza as principais terminologias a seguir:

- Galeria: recebem as vazões das bocas de lobo e são responsáveis pela condução das águas de chuva através das canalizações do serviço público ou de origem privada.
- Poço de Visita: elementos dispostos em pontos estratégicos das galerias, onde há alterações na direção, declividade e diâmetro das canalizações, bem como a manutenção da rede.
- Trecho: parte da rede localizada entre dois poços de visita;
- Bocas de lobo: ficam situados junto a sarjeta, no recebimento das águas pluviais;
- Tubos de ligações: possuem a finalidade de transportar até as galerias ou poços de visita, as águas pluviais recebidas das bocas de lobo;
- Meios-Fios: são as peças dispostas entre a via pública e a calçada, em posição paralela em relação ao eixo da via, onde a parte superior do meio-fio coincide com o nível do passeio;

- Sarjetas: elementos dispostos paralelamente ao meio-fio, e recebem os escoamentos incidentes na via pública;
- Sarjetões: são as calhas situadas nos cruzamentos das vias públicas, direcionando o escoamento das águas que passam pela sarjeta;
- Conduitos forçados: realizam a condução de modo seguro e eficaz das águas superficiais, não preenchendo por completo a seção transversal do conduto;
- Estações de bombeamento: são os equipamentos e as obras necessárias para o transporte da água para os pontos mais elevados, a partir do momento em que o escoamento é inviabilizado somente pela força gravitacional.

4.5 O Plano diretor

Na Constituição de 1988, é observada a obrigatoriedade do plano diretor para as cidades com mais de 20 mil habitantes. A implantação deve passar pelas formalidades da Câmara de Vereadores, com a participação pública conforme menciona Duarte (2012, p.82).

O uso e ocupação do solo fazem parte integrada do plano diretor, disciplinando o crescimento da cidade e direcionando harmoniosamente as atividades. Segundo o autor são regras municipais que mesmo sendo respeitadas, haverá a possibilidade de que alguns empreendimentos causem impactos no meio urbano, sendo necessária uma fiscalização adequada a estas atividades.

Barros (2005, p.221) menciona que aproximadamente 80% da população mundial estão inseridas nas áreas urbanas, sendo que a maioria deste contingente, convive com o sistema de drenagem em péssimas condições. A expansão urbana com deficiente planejamento propicia a ocorrência de inundações, gerando um alto custo em função dos prejuízos ambientais, sociais e econômicos.

Dado as características e peculiaridades regionais de cada município, o plano diretor deve ser um instrumento de utilização na gestão da drenagem urbana, onde a falta deste planejamento, segundo o autor citado, ocasionou na situação lamentável para muitas cidades brasileiras.

Segundo Pinheiro (2010), com o plano diretor de drenagem urbana estabelecido, as comunidades ganham novas alternativas quanto à avaliação de seus principais problemas, sejam eles presentes ou futuros, bem como a capacidade de priorizar as melhores soluções nas questões envolvendo drenagem. Haverá também, um maior controle por parte do

município, que possuirá administração estratégica, subdividindo a região em subbacias melhorando a qualidade das ações.

4.6 Premissas para Drenagem Urbana

As tubulações que compõem o sistema de drenagem pluvial possuem a finalidade de transportar com segurança e de forma adequada, as águas que escoam superficialmente até aos corpos d'água. Porém um projeto de drenagem exige sensibilidade para questões que vão além do dimensionamento. (GRIBBIN, 2012, p.229).

Segundo Tucci (1995, p.25) há uma inclinação política na opção por soluções estruturais, uma vez que esta escolha responde convenientemente as expectativas da população.

As melhores intervenções técnicas no contexto da drenagem urbana, nem sempre é com a adoção de medidas estruturais, que simplesmente canalizam trechos problemáticos, sem prévia análise do crescimento urbano. Segundo o autor, este tipo de procedimento é apenas uma medida paliativa, camuflando um problema local que acabará se transferindo para outro.

Segundo Botelho (2011, p.28) as águas pluviais, percorrem dos locais altos até as partes mais baixas do terreno, devendo este trajeto ser preservado, e caso este fato não seja possível, os projetos devem buscar soluções que resultem em um mínimo de intervenção, harmonizando a topografia e o traçado urbano, para que o escoamento superficial seja priorizado, evitando assim as medidas estruturais na concepção de projeto.

Ainda segundo Botelho (2011, p.24), a impermeabilização das bacias aumenta as vazões dos rios, que por sua vez exigirão maiores espaços para o escoamento.

Logo, a criação de áreas livres deve ser planejada, prevendo-se que serão inundados na ocorrência das chuvas de maior intensidade. O autor sugere como exemplo, a construção de parques públicos nestes locais, fazendo parte da composição paisagística da cidade.

4.7 Projeto básico

Para Gribbin (2012, p.4), no projeto básico são fundamentais o planejamento e o cuidado com os detalhes iniciais, para que o resultado seja um documento claro, completamente desenvolvido, no intuito de materializar a construção inicialmente projetada. Em linhas gerais, o desenvolvimento de uma galeria para águas pluviais, é aconselhável, segundo o autor, que sejam adotados os seguintes passos:

- Conceito – É a determinação básica do empreendimento, ou seja, origem e destino das águas pluviais.
- Mapa básico – Obtenção de um gráfico da situação física, demonstrando as características topográficas e delimitações da área de estudo. Erros nesta fase podem acarretar resultados imprevistos e problemas de ordem executiva.
- Desenvolvimento do projeto- Elaboração de diferentes layouts das galerias no mapa, bem como o estudo das características locais, tais como a carga em que a estrutura estará submetida, interferência de outras estruturas no subsolo, delimitação da bacia de estudo juntamente com os dados meteorológicos.
- Preparação dos desenhos e especificações – Nesta fase, o projeto deve conter todas as informações gráficas, tanto em planta como em perfil, inclusive com pequenos textos se necessário, para o perfeito entendimento do projeto e facilitando ao máximo as informações para utilização do construtor.

4.8 O Plano diretor de Varginha

No município de Varginha, o plano diretor foi elaborado no ano de 1996, quando o censo do IBGE já apontava um contingente populacional de 99.611 habitantes, ou seja, já estava estabelecido no município quase 76% da população prevista para ao ano de 2014, segundo a estimativa do IBGE.

É previsto no Plano Diretor Municipal de Varginha, várias diretrizes para o desenvolvimento e expansão urbana, onde o sistema de drenagem é contemplado como uma das prioridades quanto ao uso dos recursos públicos:

Art. 11. São prioridades para alocação dos investimentos públicos:

- I - garantir o acesso de toda a população particularmente de crianças e jovens, ao patrimônio cultural da humanidade, e à produção no campo humanístico e científico-tecnológico;
- II - efetivação de programas ligados à medicina preventiva, vigilância sanitária e saneamento básico, enfatizando a promoção e proteção à saúde, à saúde coletiva e ao saneamento básico;
- III - efetivação de programas ligados às questões de segurança no trabalho e no lar;
- IV - efetivação de programas para habitação de interesse social;
- V - efetivação de Plano de Sistema Viário, Trânsito e Transporte;
- VI - efetivação de programas de recuperação, ampliação e conservação para o meio ambiente;
- VII - efetivação de programas de atendimento à terceira idade;
- VIII - correção, manutenção e complementação do sistema de drenagem de águas pluviais.

4.9 Drenagem urbana na Legislação municipal varginhense

Em 1997, quase um ano após a publicação do Plano Diretor, passa a ser vigorada em Varginha, a Lei nº 2.974 que cuida das políticas e providências relacionadas às questões ambientais. Especificamente na Seção IV do Capítulo III, a norma diz:

Art. 26 - Quaisquer obras em vias de tráfego ou em encostas e valetas de rodovias ou nas suas plataformas deverão ser executadas de forma a permitir fácil escoamento de águas pluviais.

§ 1º - As águas de chuva devem ser encaminhadas para o rio ou córregos.

§ 2º - As canalizações para águas pluviais devem ter diâmetro e declividade convenientes ao seu escoamento, respeitada a normas da ABNT.

4.10 Método Racional

Tucci (1995, p.84) afirma que para o cálculo da vazão, o método racional é bastante utilizado para os projetos em que a bacia estudada não ultrapasse 2 Km². Para Botelho (2011, p.81) este método é válido para bacias menores que 50 ha conforme a tabela 01.

Tabela 01 – Método hidrológico

Área da bacia (B)	Método hidrológico
B < 50 ha	Método racional
50 ha < B < 500 ha	Método racional modificado
B > 500 há	Outros métodos; por exemplo, hidrograma unitário

Fonte: (BOTELHO, 2011)

Equação pelo Método Racional:

$$Q = 0,278 C . i . A$$

Onde:

Q = Vazão em m³/s

C = Coeficiente de deflúvio

i = Intensidade da Precipitação em mm/h

A= Área contribuinte em Km²

4.11 Limitações do Método Racional

O manual da CETESB (1980, P.144) aponta como desvantagem para este método, a não variação no hidrograma, resultando em valores superestimados para áreas com muitas subbacias.

Porém o manual salienta que o método racional é o mais utilizado, uma vez que ainda não foi substituído, de modo satisfatório e consensual, por uma equação com o mesmo propósito.

5 MATERIAL E MÉTODO

Foram realizados o levantamento topográfico e delimitação da bacia de contribuição considerando as cotas máximas e mínimas.

Análise em campo do bairro Treviso, observando as condições locais, tais como o posicionamento das bocas de lobo, verificação geral das condições da pavimentação e os meio-fios das calçadas, bem como a situação de limpeza das vias.

Com o levantamento dos dados acima, e com o subsídio teórico dos autores citados neste trabalho, conseguiu-se a verificação de resultados, confrontando-os com os cálculos dos elementos existentes.

5.1 Topografia do bairro Treviso

Para avaliação das condições topográficas, foram utilizados alguns softwares que auxiliaram na localização e criação das curvas de nível do terreno.

Primeiramente foi delimitada a área de estudo através do programa Google earth, obtendo a visão geral do bairro conforme a figura 02:

Figura 02 – Bairro Treviso.

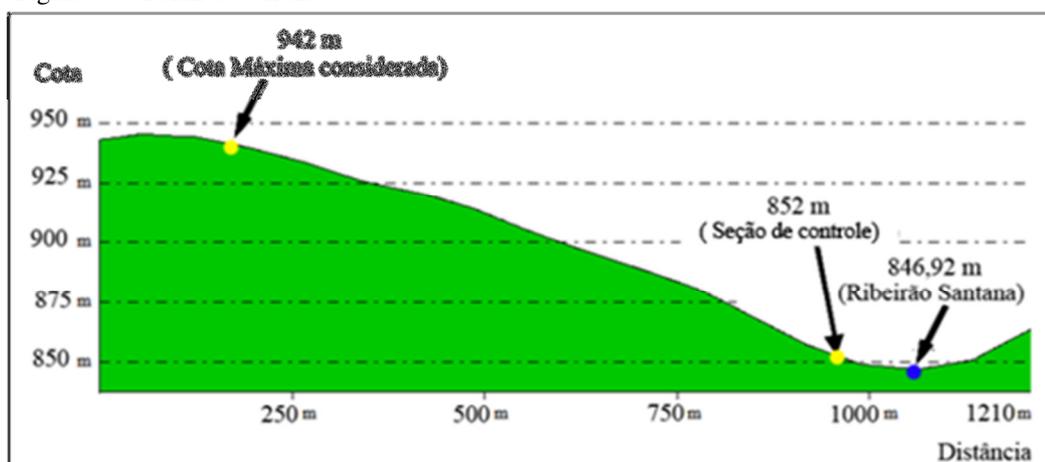


Fonte: Google Earth, adaptado pelo autor

Com o programa Global Mapper, foi possível a criação das curvas de nível espaçadas a cada metro do terreno (Apêndice A),

Através da figura 03, é observado o perfil do terreno, onde foi considerada a cota máxima de 942 m, e a seção de controle na cota de 852 m, que está muito próxima a cota de 846,92 m do ribeirão Santana:

Figura 03 – Perfil do terreno



Fonte: Global mapper, adaptado pelo autor (10/05/15)

Foi realizado o traçado das vias e obtenção das áreas dos lotes utilizando o software AutoCAD, que também auxiliou na organização dos dados gráficos para avaliação das peculiaridades topográficas, e direção natural do escoamento das águas pluviais (Apêndice C).

Pela visão panorâmica da figura 04, são observados os bairros que circundam o loteamento, onde a letra A corresponde ao bairro Treviso, B ao Parque Ileana, C a Vila Monte Castelo, D a Vila Maristela, E ao bairro São Lucas e, F representando o bairro da Vargem.

Em posse da planta baixa do projeto de drenagem pluvial cedida pela imobiliária Alexandre Azevedo Imóveis, foram observados as cotas dos poços de visita, sendo organizados os dados através da tabela 02, para análise das condições de funcionamento das galerias.

Figura 04 – Visão panorâmica



Fonte: Google Earth, adaptado pelo autor

Tabela 02 – Dados físicos do projeto

Informações extraídas do projeto existente						
Trecho	comprimento (m)	Diâmetro(mm)	Cota do Terreno (m)		Cota de assentamento (m)	
			mont	jus	mont	Jus
9--11	46,8	400	932,016	926,478	930,516	924,978
11--15	54	400	926,478	918,831	924,978	917,331
15-19	54	400	918,831	913,303	917,331	911,803
19--22	54	400	913,303	906,848	911,803	905,348
22--25	54	600	906,848	901,517	905,348	900,017
25--28	54	600	901,517	896,16	900,017	894,66
28--32	56,8	600	896,16	892,526	894,66	891,026
32--36	56,8	600	892,526	884,97	891,026	883,47
36--40	56,8	600	884,97	876,845	883,47	875,345
40--42	55,8	600	876,845	868,495	875,345	866,495
42--46	74,1	800	868,495	857,6	866,495	855,6
33-33a	97,7	400	886,864	878,595	885,364	877,095
33a--43	97,7	400	878,595	870,367	877,095	868,867
43--43a	28,35	400	870,367	869,431	868,867	867,931
43a--42	28,35	400	869,431	868,495	867,931	866,495
37--37a	54,96	400	872,8	868,66	871,3	867,16
37a--44	34,3	400	868,66	866,141	867,16	864,641
44--47	53,9	400	866,141	858,4	864,641	856,4
7--10	59,5	400	931,553	928,473	930,053	926,973
10--13	64,8	400	928,473	921,9	926,973	920,4
13--17	64,8	400	921,9	914,465	920,4	912,965
17--20	68,4	400	914,465	905,1	912,965	903,6
12--16	54,3	400	908,5	906,7	907,00	905,2
16-20	54,2	400	906,7	905,1	905,2	903,6
20--23	53,2	600	905,1	899,831	903,6	898,331
23--26	54	600	899,831	893,833	898,331	892,333
26--30	54	600	893,833	887,989	892,333	886,489
30--34	54	600	887,989	881,998	886,489	880,498
34--38	54	600	881,998	875,561	880,498	874,061
38--41	53	600	875,561	867,398	874,061	865,398
41--41a	46,6	800	867,398	859,74	865,398	858,24
41a--45	47,1	800	859,74	852	858,24	850
47--47a	29,1	600	858,4	857,9	856,4	855,9
47a--46	117	600	857,9	857,6	855,9	855,6
46-46a	75,1	800	857,6	856,8	855,6	854,8
46a--45	84,5	800	856,8	852	854,8	850
45--48	70	1000	852	849,5	850	847

Fonte: o autor

5.2 Declividade transversal das ruas e sarjetas

Para adequada drenagem o manual da CETESB (1980, P.259), prevê uma declividade mínima de 1% para as ruas, e 0,4% para sarjetas. Quanto à declividade máxima, o manual desassocia este parâmetro para a drenagem.

Com utilização de materiais simples como linha e mangueira de nível, obteve-se uma aproximação das condições de declividade transversal das ruas.

Na figura 05, a linha foi utilizada para criar o contorno do pavimento, posicionando-a aproximadamente cinco metros em frente à câmera fotográfica, e com a mangueira de nível é obtido dois pontos nivelados, possibilitando a estimativa da declividade transversal da via.

Pondera-se que este procedimento indicará um valor ligeiramente menor que o real, devido à altura da câmera em relação ao solo:

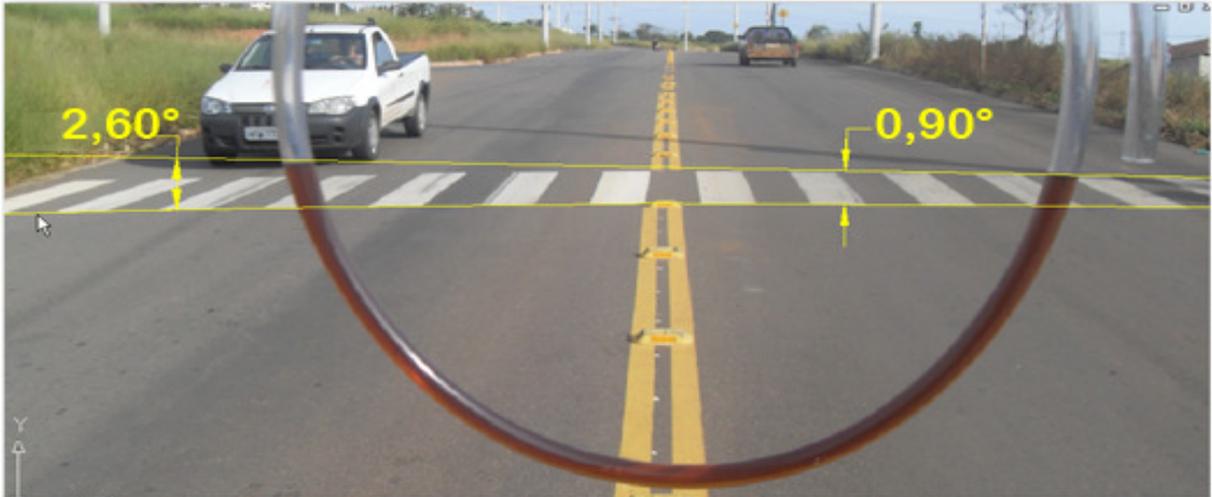
Figura 05 – Declividade da rua sete.



Fonte: O autor.

Distanciando-se do eixo central da via, há um acréscimo na declividade para contribuição do escoamento superficial em direção as sarjetas, conforme figura 06:

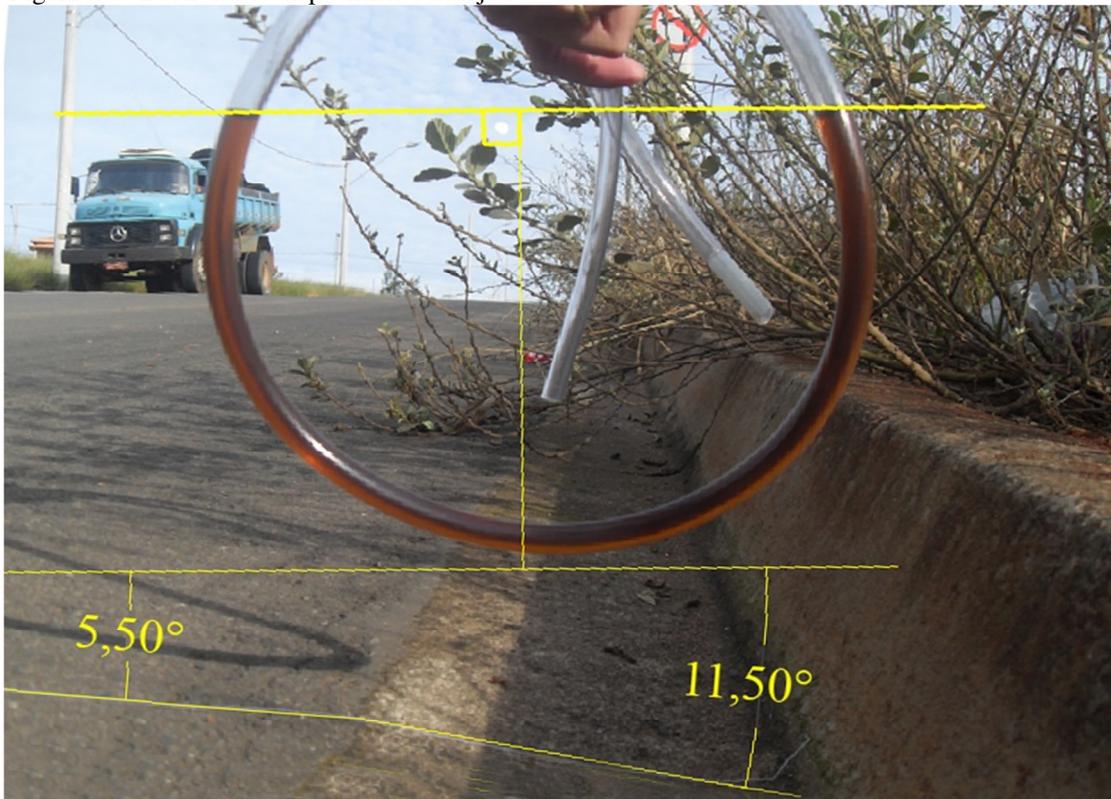
Figura 06 – Declividade da avenida um



Fonte: O autor.

Na figura 07, são demonstrados os ângulos em graus do pavimento e sarjeta, representando declividade de 9,6% e 20% respectivamente.

Figura 07 – Declividade da pavimento e sarjeta.



Fonte: O autor

5.3 Manutenção do sistema

As condições de limpeza na parte superior do loteamento estão aparentemente aceitáveis, porém nas cotas mais baixas, onde é convergida grande parte do escoamento superficial, é notório o acúmulo de sedimentos.

Situação da limpeza precária de uma boca de lobo, posicionada na Rua Abraão Caineli, conforme figura 08.

Figura 08 – Boca de lobo.



Fonte: o autor.

Foi verificada deterioração do pavimento, e transtornos aos pedestres pelo acúmulo de água em um trecho da Rua Abraão Caineli da figura 09.

Com a água empoçada, há o aumento do risco de acidentes para os condutores, especialmente aos motociclistas devido aos buracos camuflados pelo líquido.

O manual da CETESB (1980, P.257) menciona que os estragos na pavimentação podem estar ligados a diversas causas, e geralmente estão relacionados às chuvas de elevada intensidade.

Segundo o manual, estes danos têm maior incidência nas adjacências da sarjeta, onde a interface com o pavimento pode estar comprometida, permitindo que a entrada de água atinja a base da via, umedecendo-a constantemente.

Figura 09 – localização da poça de água após a chuva



Fonte: o autor.

5.4 Coeficiente de Runoff

Gribbin (2011, p.190) destaca que na equação originalmente formulada para o Método Racional, foi acrescentado o termo C, denominado coeficiente de deflúvio ou coeficiente de runoff, devido às infiltrações pelo solo bem como a evapotranspiração.

Segundo Tucci (1995, p.87), este coeficiente pode ser determinado quando forem observadas as condições do solo, finalidade da ocupação, tempo de retorno e intensidade da precipitação.

No manual da CETESB (1980, P.146) é disponibilizada a tabela 03 com os coeficientes de runoff, com a ressalva de ser utilizada para um período de retorno de 5 a 10 anos.

Tabela 03 – Coeficiente de Runoff

Descrição da área	Coeficiente de Runoff
Área comercial	
Central	0,70 a 0,95
Bairros	0,50 a 0,70
Área residencial	
Residências isoladas	0,35 a 0,50
Unidades múltiplas (separadas)	0,40 a 0,60
Unidades múltiplas (conjugadas)	0,60 a 0,75
Área com prédios de apartamentos	0,50 a 0,70
Lotes com 2km ² ou mais	0,30 a 0,45
Área Industrial	
Indústrias leves	0,50 a 0,80
Indústrias pesadas	0,60 a 0,90
Outros	
Parques, cemitérios	0,10 a 0,25
Playgrounds	0,20 a 0,35
Pátios de estradas de ferro	0,20 a 0,40
Áreas sem melhoramentos	0,10 a 0,30
Área com prédios de apartamentos	0,50 a 0,70

Fonte: (CETESB, 1980)

5.5 Adoção do Coeficiente (C) para o escoamento superficial

Na equação para o Método Racional, o coeficiente (C), para o bairro Treviso, poderá ser extraído da tabela 02, onde os parâmetros para área residencial com unidades múltiplas separadas variam de 0,4 a 0,6.

Como alternativa, seria o cálculo do coeficiente médio (C_m), que é o produto das diversas áreas e seus respectivos coeficientes, sobre o total da área da bacia.

Para este cálculo serão utilizados os coeficientes da tabela 02 do item 5.4, e também dos coeficientes encontrados em Tucci (1995, p.88), para asfalto e concreto.

As subbacias foram divididas conforme Apêndice C, e para organização as subbacias foram numeradas com suas áreas correspondentes no Apêndice D.

A tabela 04 resume os dados utilizados para o cálculo do coeficiente médio.

Tabela 04 – Relação das áreas e coeficientes adotados

Relação das áreas (m²)			
Tipo	Área	Percentual(%)	Coeficiente (C) adotado
Área asfaltada	66899	27,39	0,83
Área residencial	154779,36	63,37	0,5
Área de preservação P.	10269,57	4,20	0,15
Área Institucional	12280,44	5,03	0,88
Área Total	244228,37	100,00	

Fonte:O autor.

$$C_M = \frac{\sum A_i \times C_i}{A_t}$$

onde:

C_M = Coeficiente médio

A_i –Área da subbacia em m²

C_i – Coeficiente da área analisada

A_t – Área total da bacia

Logo:

$$C_M = \frac{\sum A_i \times C_i}{A_t} = \frac{(66899 \cdot 0,83) + (154779,36 \cdot 0,5) + (10269,57 \cdot 0,15) + (12280,44 \cdot 0,88)}{244228,37}$$

$$C_M \cong 0,60$$

O valor do coeficiente médio calculado será o adotado para a equação do método racional deste trabalho.

5.6 Cálculo da declividade média

A declividade média (I_m), é calculada pela diferença entre a cota máxima e mínima, sobre a distância linear destas cotas conforme calculado abaixo:

$$I_m = \frac{\text{Cota máx} - \text{Cota mín.}}{\text{Distância}} = \frac{942 - 852}{858,70} \Rightarrow I_m \cong 0,105 \text{ m/m}$$

5.7 Tempo de concentração

Segundo Botelho (2011, p.82) o tempo de concentração pode ser exemplificado como o tempo que uma gota de água levaria para percorrer do extremo da bacia até a seção considerada.

Para Tucci (1995, p.90) poderá ser utilizado o maior tempo de concentração analisado entre os diferentes trechos.

No cálculo para o tempo de concentração foi utilizado a equação formulada por George:

$$T_s = \frac{16 \cdot L}{(1,05 - 0,2p) \cdot (100 \cdot I_m)^{0,04}}$$

Onde:

L = distância máxima em quilômetros do escoamento superficial

P = porcentagem de área com cobertura vegetal

T_s = tempo de escoamento superficial em minutos

I_m = declividade da distância máxima em m/m

$$T_s = \frac{16 \times L}{(1,05 - 0,2p) \cdot (100 \cdot I_m)^{0,04}} = \frac{16 \times 0,980}{(1,05 - 0,2 \times 0,0423) \cdot (100 \cdot 0,105)^{0,04}} \cong 13,7 \text{ min}$$

Para o tempo de escoamento superficial deve haver acréscimo de dez minutos conforme o cálculo abaixo:

$$T_c = T_s + 10 \text{ min}$$

Onde:

T_c = tempo de concentração em minutos

$$T_c = 13,7 + 10 = 23,7 \text{ min}$$

5.8 Tempo de retorno

Segundo Botelho (2011, p.70) o tempo de retorno com dez anos é utilizado freqüentemente nos projetos de drenagem urbana.

Para Tucci (1995, p.86) esta abrangência pode variar de dois a dez anos. Sendo usual dois anos para áreas residenciais ou com menor densidade, e dez anos para áreas comerciais. A tabela 05 disponibilizada pela CETESB (1980) utiliza o tempo de retorno conforme as características da ocupação:

Tabela 05 – Tempo de retorno

Tipo de obra	Tipo de ocupação da área	Tempo de retorno (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Áreas com edifícios de serviço público	5
	Aeroportos	2--5
	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5--10
Macrodrenagem	Áreas comerciais e residenciais	50--100
	Áreas de importâncias específicas	500

Fonte: (Tucci, 1995)

5.9 Tempo de retorno adotado para o bairro Treviso

O manual da CETESB (1980, P.146), disponibilizou a tabela para escoamento superficial, regulamentando seu uso no intervalo de 5 a 10 anos. Como o emprego dos coeficientes neste trabalho está na mesma tabela adotada, torna-se coerente a adoção de um intervalo compatível para a equação.

Para o estudo do bairro Treviso, o tempo de retorno será arbitrado em cinco e dez anos.

5.10 Intensidade pluviual

Tucci (1995, p.41) disponibiliza a expressão de Otto Pfafstetter para intensidade pluviual, que é determinada pela quantidade de chuva precipitada em um determinado tempo.

A equação deve ser ajustada a fim de obter os parâmetros para cada região em estudo.

$$I = \frac{K \cdot Tr^a}{(tc + b)^c}$$

Onde:

I = Intensidade média da chuva em mm/h

a, b, c e K = Coeficientes que dependem do local analisado

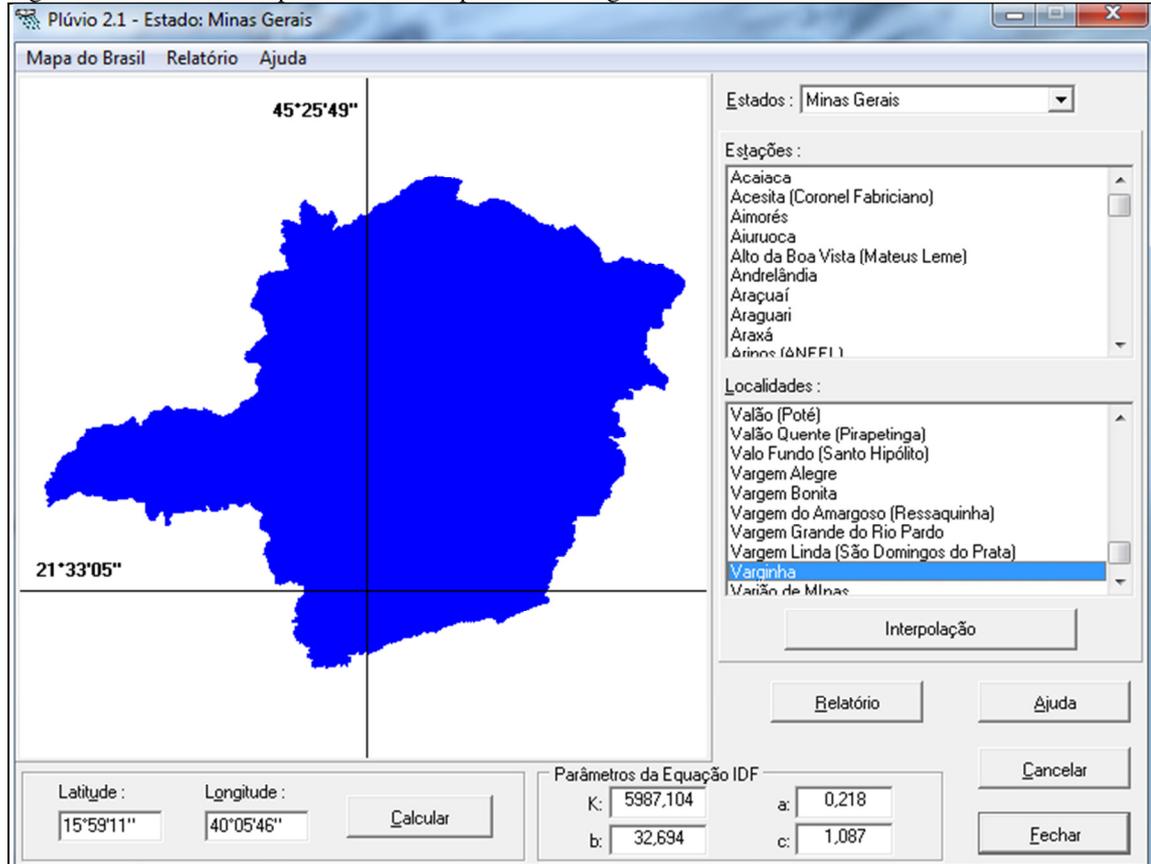
Tr = Tempo de retorno em anos

Tc = Tempo de concentração em minutos

5.11 Intensidade pluvial na cidade de varginha

Para o município de Varginha, os coeficientes para a equação da intensidade pluvial (I) foram extraídos do programa Plúvio, disponibilizado pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos conforme figura 10:

Figura 10 – Coeficientes para intensidade pluvial de varginha



Fonte: software Plúvio

$$I(5anos) = \frac{K \cdot Tr^a}{(Tc + b)^c} = \frac{5987,104 \cdot 5^{0,218}}{(23,7 + 32,694)^{1,087}} = 106,17 \text{ mm/h}$$

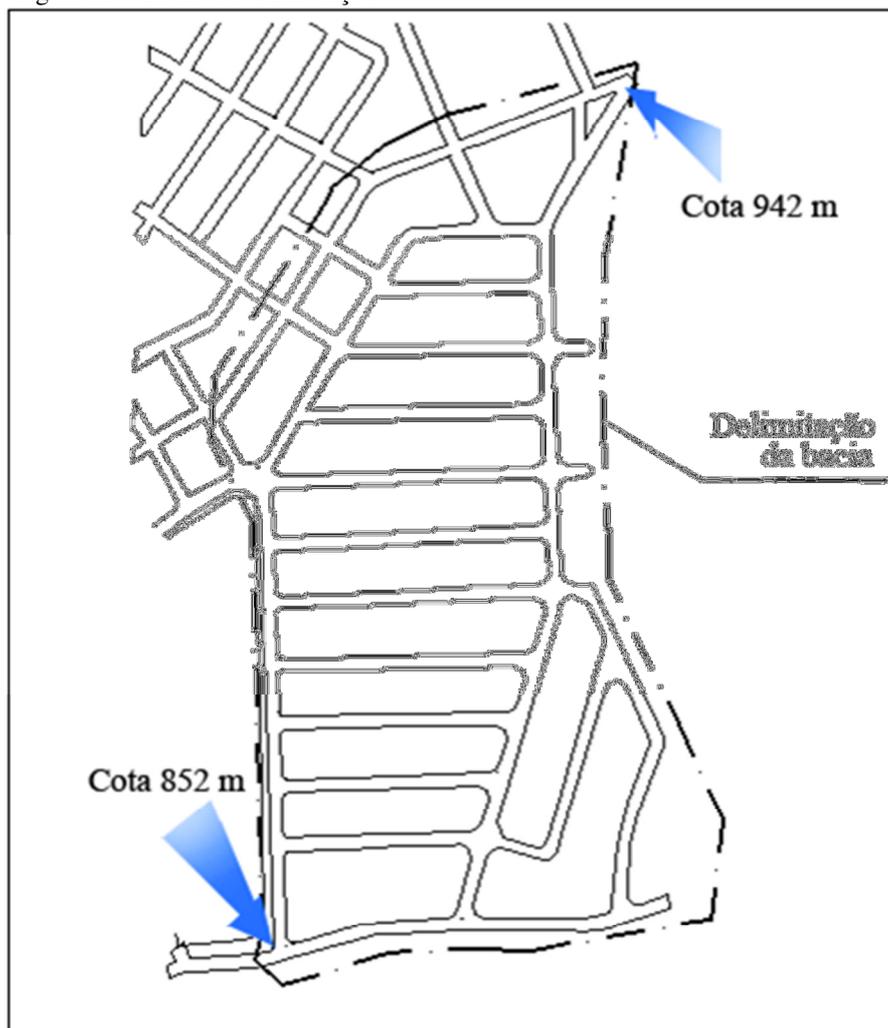
Utilizando a mesma equação para o tempo de retorno em 10 anos, e mantendo as outras variáveis temos:

$$I(10 \text{ anos}) = 123,49 \text{ mm/h}$$

5.12 Bacia de contribuição

A partir da seção de controle a jusante do bairro na cota 852 metros, e observando as condições topográficas que determinam o sentido do fluxo do escoamento superficial, foram delimitadas as áreas de contribuição até a cota de 952m totalizando em aproximadamente 24,4 ha conforme figura 11:

Figura 11 – Bacia de contribuição

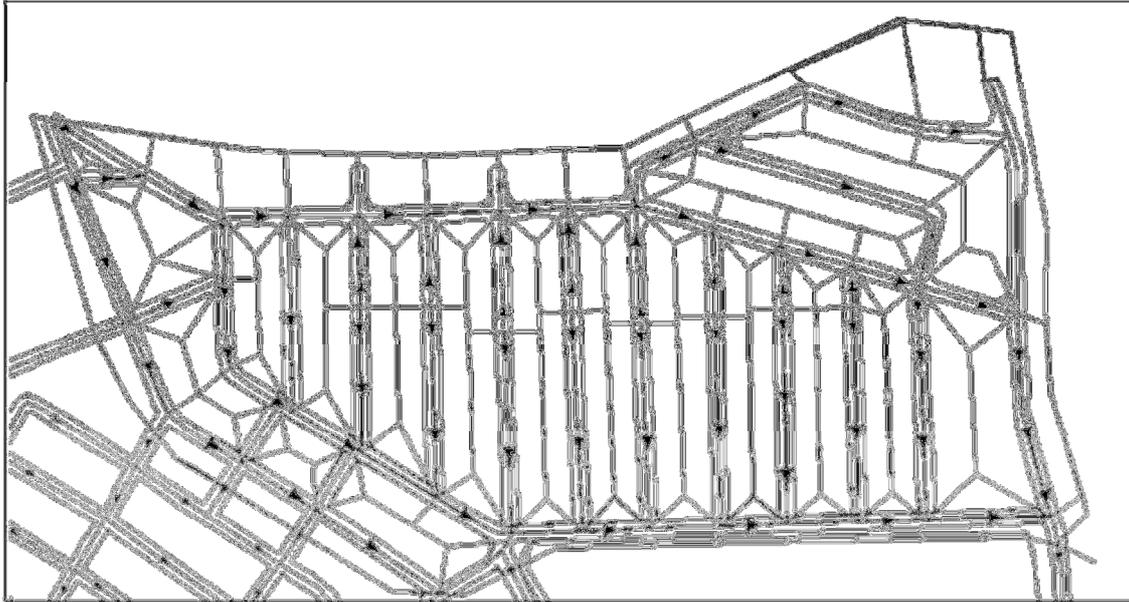


Fonte: O autor

5.13 Subbacias de contribuição

As subbacias são as divisões dentro da bacia considerada, o sentido de escoamento do fluxo pluvial será disposto ou na margem direita ou esquerda do leito carroçável, conforme a figura 12:

Figura 12 – Subbacias e sentido do escoamento



Fonte: Imagem gerada no Autocad, adaptado pelo autor (10/05/15).

5.14 Cálculo pelo Método Racional

Para o loteamento estudado, o cálculo da vazão será pelo método racional, em conformidade com os autores citados.

$$Q = 0,278 C i A$$

Onde:

Q = Vazão em m³/s

C = Coeficiente de deflúvio

i = Precipitação (intensidade) em mm/h

A = Área contribuinte em km²

Como o coeficiente de deflúvio (C) e a precipitação (I) já foram determinados, a vazão será em função da área. Através da fórmula abaixo e as subbacias delimitadas, foram realizados os cálculos apresentados nos apêndices C e E:

$$Q = A \cdot 0,6 \cdot 106,17 \text{ mm/h (Tempo de retorno de 5 anos)}$$

$$Q = A \cdot 0,6 \cdot 123,49 \text{ mm/h (Tempo de retorno de 10 anos)}$$

5.15 Fórmula de Manning para vazão na sarjeta

Para a capacidade hidráulica da sarjeta, Tucci (1995, p.92) utiliza a fórmula de Manning:

$$Q = \frac{A \cdot R_h^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n}$$

Onde:

A = Área de drenagem em m²

R_h = Raio hidráulico em m

S = Declividade em m/m

n = Coeficiente de rugosidade.(adimensional)

O valor do coeficiente de rugosidade (n) é em função ao tipo de material do pavimento. Segundo Tucci (1995, p.92) nas vias públicas geralmente é utilizado o valor de 0,017 para este coeficiente, que também será adotado neste trabalho.

5.16 Capacidade da sarjeta com piso asfaltado

Seguindo a recomendação do manual da CETESB (1980, P.265), foi utilizada a fórmula de Manning, alterada por Izzard, com a ressalva de que a sarjeta será dimensionada considerando tanto o asfalto como o concreto, possuindo a configuração da figura 13.

Figura 13 – Seção da sarjeta com piso de asfalto



Fonte: O autor

Fórmula adequada para este tipo de sarjeta:

$$q_{st} = 0,375 \left(\frac{Z_1}{n} \cdot y_0^{8/3} - \frac{Z_1}{n} \cdot y_1^{8/3} + \frac{Z_2}{n} \cdot y_2^{8/3} \right) \sqrt{I}$$

Onde:

q_{st} = Capacidade de escoamento pela sarjeta em m³/s

Z_1 = Inverso da declividade transversal da sarjeta em m/m

Z_2 = Inverso da declividade transversal do pavimento em m/m

Y = Altura da lâmina d'água junto ao meio fio em m

I = declividade da sarjeta em m/m.

n = coeficiente de rugosidade

No loteamento em estudo, foram observadas diferentes declividades transversais das ruas e sarjetas, onde para fins de cálculo serão adotados 2% na declividade transversal das ruas, 1,5% para a avenida e 5% para as sarjetas em geral. Estes valores adotados estarão em conformidade com os parâmetros descritos no item 5.2 deste trabalho.

Inverso da declividade transversal da sarjeta:

$$Z_1 = \frac{1}{0,05 \text{ m/m}} = 20 \text{ m/m}$$

Inverso da declividade transversal da rua:

$$Z_2 = \frac{1}{0,02 \text{ m/m}} = 50 \text{ m/m}$$

Inverso da declividade transversal da avenida:

$$Z_2 = \frac{1}{0,015 \text{ m/m}} = 66,67 \text{ m/m}$$

O cálculo para o Y_0 , será em função da altura da sarjeta, que é de 15 cm para todo o bairro Treviso.

O cálculo de Y_1 será em função das declividades transversais e da largura (w) da sarjeta, que é de 35 cm para todo o bairro.

O cálculo de Y_2 será em função de Y_0 e Y_1 , descritos anteriormente. Logo:

$$Y_0 = 0,80 \cdot \text{Altura da sarjeta} \Rightarrow 0,80 \cdot 15 \text{ cm} \Rightarrow 12 \text{ cm}$$

$$-Y_1 = (I \cdot W) - Y_0 = (0,05 \text{ m/m} \cdot 0,35 \text{ m}) - 0,12 \text{ m} \Rightarrow Y_1 = 10,25 \text{ cm}$$

$$Y_2 = Y_0 - Y_1 \Rightarrow 12 \text{ cm} - 10,25 \text{ cm} \Rightarrow 1,75 \text{ cm}$$

Com esses dados, é possível o desenvolvimento do cálculo para a capacidade das sarjetas que será em função das declividades longitudinais, tanto das avenidas como para as ruas.

- Equação para avenidas:

$$q_{st} = 0,375 \left(\frac{Z_1}{n} \cdot y_0^{8/3} - \frac{Z_1}{n} \cdot y_1^{8/3} + \frac{Z_2}{n} \cdot y_2^{8/3} \right) \sqrt{I}$$

$$q_{st} = 0,375 \left(\frac{20}{0,017} \cdot 0,12^{8/3} - \frac{20}{0,017} \cdot 0,103^{8/3} + \frac{50}{0,017} \cdot 0,0175^{8/3} \right) \sqrt{I}$$

$$q_{st} \cong 0,539 \sqrt{I}$$

- Equação para ruas:

$$q_{st} = 0,375 \left(\frac{Z_1}{n} \cdot y_0^{8/3} - \frac{Z_1}{n} \cdot y_1^{8/3} + \frac{Z_2}{n} \cdot y_2^{8/3} \right) \sqrt{I}$$

$$q_{st} = 0,375 \left(\frac{20}{0,017} \cdot 0,12^{8/3} - \frac{20}{0,017} \cdot 0,103^{8/3} + \frac{66,67}{0,017} \cdot 0,0175^{8/3} \right) \sqrt{I}$$

$$q_{st} \cong 0,543 \sqrt{I}$$

Como a equação da capacidade resultou valores aproximados, será utilizada em cálculo, a seguinte equação para todos os casos de vazão pela sarjeta.

- Equação para ruas e avenidas:

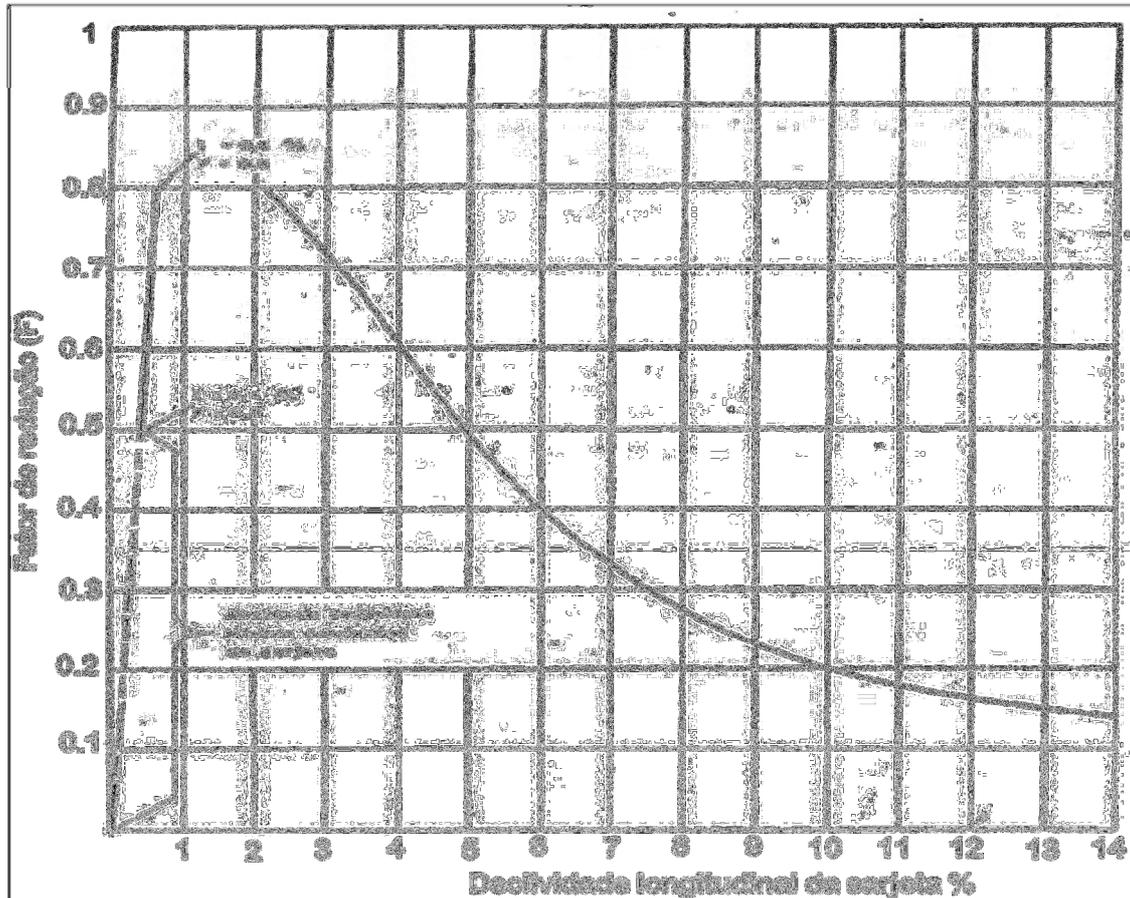
$$q_{st} = 0,54 \sqrt{I} \text{ m}^3/\text{seg}$$

5.17 Fator de redução da capacidade da sarjeta

O manual da CETESB (1980, P.266), relaciona maior incidência de obstruções em sarjetas de menor declividade devido aos materiais sedimentáveis, ao passo de que declividades acentuadas trazem inconvenientes ao pedestre em consequência do aumento da velocidade.

Para atenuar este problema, o manual indica o uso do fator de redução da capacidade da sarjeta em função da declividade no sentido do escoamento (Figura14).

Figura 14 – Fator de redução da capacidade da sarjeta.



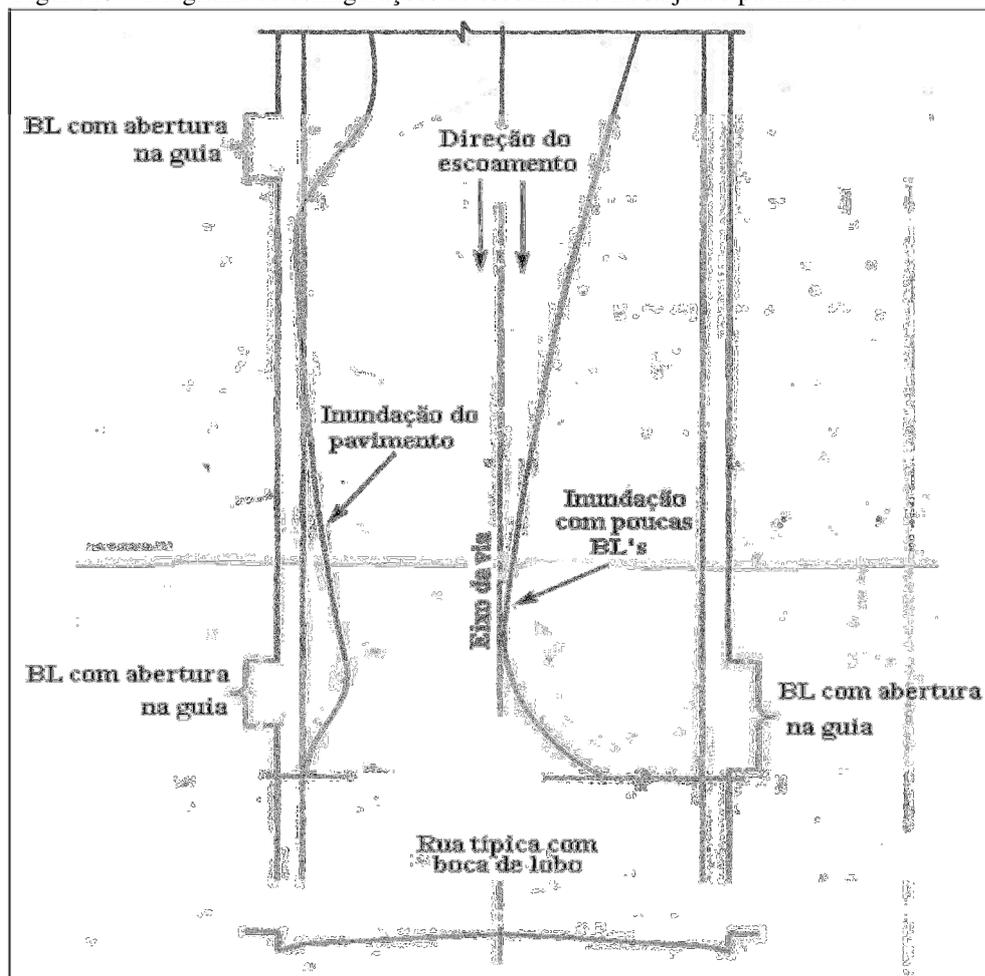
Fonte: CETESB (1980) adaptado pelo autor.

Os cálculos para a capacidade da sarjeta foram realizados para tempos de retorno de 5 e 10 anos, contidos nos Apêndices F e H.

5.18 Bocas de lobo

No manual da CETESB (1980, P.286), é explicado que as águas da chuva ao atingirem o pavimento, escoam pelas sarjetas, e normalmente destas, para as bocas-de-lobo. Devido à declividade longitudinal da via, o escoamento gerado na sarjeta tende a aumentar em consequência do aumento das áreas de contribuição, logo a ocupação deste escoamento tende a invadir progressivamente a via, caso haja bocas de lobo em número insuficiente conforme o diagrama da figura 15.

Figura 15 – Diagrama de configurações de escoamento na sarjeta e pavimento.



Fonte: CETESB (1980) adaptado pelo autor.

Tanto o manual da CETESB (1980, P.290), como em Azevedo Netto (2012, P.547), é recomendado a utilização da boca de lobo em pontos baixos da sarjeta.

No loteamento estudado, verificou-se a ausência de bocas de lobo, conforme figura 16, a jusante do cruzamento da rua “um” com a rua Abraão Caineli.

Figura 16 – Cruzamento da rua Abraão Caineli



Fonte: O autor

A figura 17 mostra exatamente a região da ocorrência do empoçamento, mesmo nos períodos com chuvas brandas.

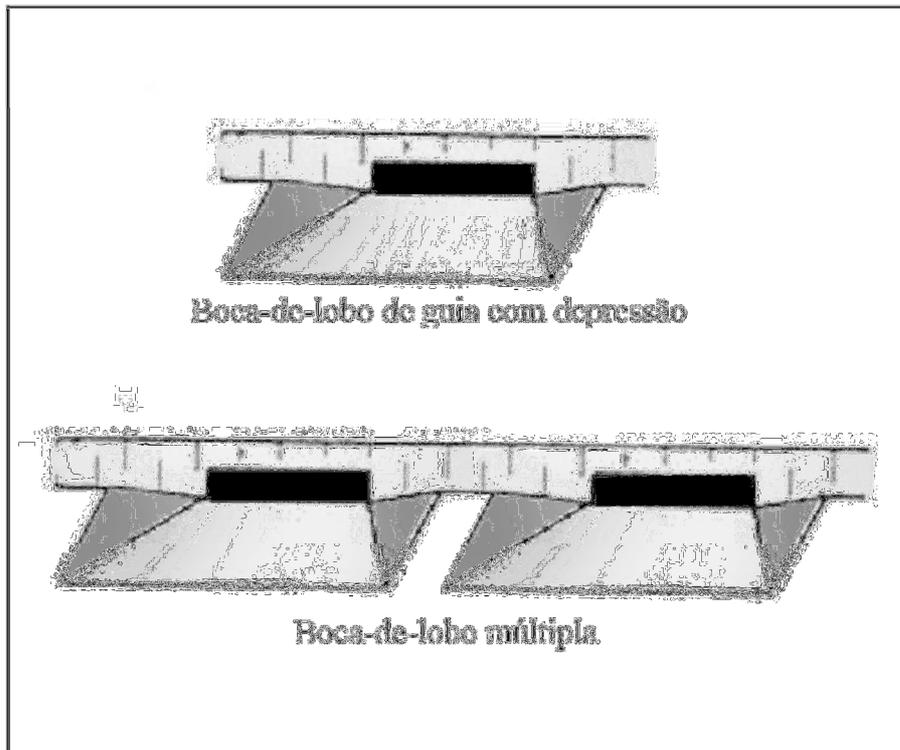
Figura 17 – Detalhe do cruzamento



Fonte: O autor

No bairro Treviso, foram identificados dois tipos de boca-de-lobo representados na figura 18, contidos no manual da CETESB (1980, P.286).

Figura 18 – Bocas-de-lobo



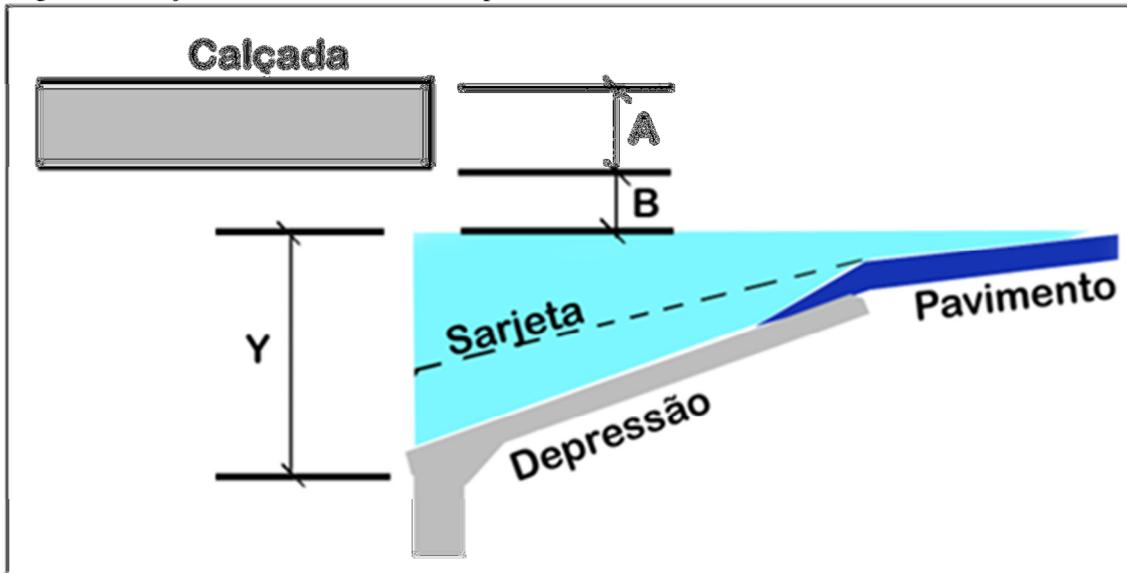
Fonte: CETESB (1980) adaptado pelo autor

5.19 Capacidade de engolimento da boca-de-lobo

Conforme descrito por Tucci (1995, p.93), na capacidade de engolimento serão consideradas as bocas-de-lobo com depressão, sendo calculadas como vertedor devido a folga (B) da figura 19, onde a lâmina de água (Y) não deve atingir a abertura da guia. A espessura da calçada ou estrutura da tampa para a boca-de-lobo está representada em (A).

A depressão ou inclinação extra na sarjeta aumentam a capacidade da boca-de-lobo devido ao incremento da lâmina de água. CETESB (1980, P.288).

Figura 19 – Seção da Boca-de-lobo com depressão



Fonte: O autor.

5.20 Eficiência da boca-de-lobo

Equívocos em cálculos, imperfeições na via e a probabilidade de que detritos carregados pelo escoamento venham causar obstruções, são alguns dos fatores que reduzem a eficiência na capacidade de engolimento da boca-de-lobo. Para correção, o manual da CETESB (1980, P.291) sugere os valores da tabela 06.

Tabela 06 – Coeficientes para redução da capacidade das bocas-de-lobo

Localização nas sarjetas	Tipo da boca-de-lobo	% Permitida sobre o valor teórico
Ponto baixo	Simple	80
	Com grelha	50
	Combinada	65
Ponto intermediário	Simple	80
	Grelha longitudinal	60
	Grelha transversal, ou longitudinal com barras transversais	50
	Combinada	110% dos valores indicados para a grelha correspondente

Fonte: CETESB (1980)

A fórmula abaixo é a utilizada em Tucci (1995, p.93), considerando a boca-de-lobo como vertedor:

$$Q = 1,7 L \cdot Y^{3/2}$$

Onde:

Q_{bl} = Capacidade de engolimento da bl em m³/s

L = largura da boca-de-lobo em m

Y = Altura da lâmina de água em m

No loteamento em estudo, foi verificada a padronização das bocas-de-lobo que possuem uma largura de 75 cm e abertura na guia com depressão, de 23 cm.

Satisfazendo a condição de vertedor, Considerou-se a lâmina de água (Y) com 22 cm, desenvolvendo então a equação da capacidade teórica das bl's.

$$Q_{bl} = 1,7 L \cdot Y^{3/2}$$

$$Q_{bl} = 1,7 \cdot 0,75 \cdot 0,22^{3/2} \cong 0,132 \text{ m}^3/\text{s}$$

Aplicando o coeficiente de correção em 80% conforme a tabela 05, tanto em pontos baixos como intermediários para bl's simples, obtêm-se o valor da capacidade a ser utilizada em cada boca-de-lobo:

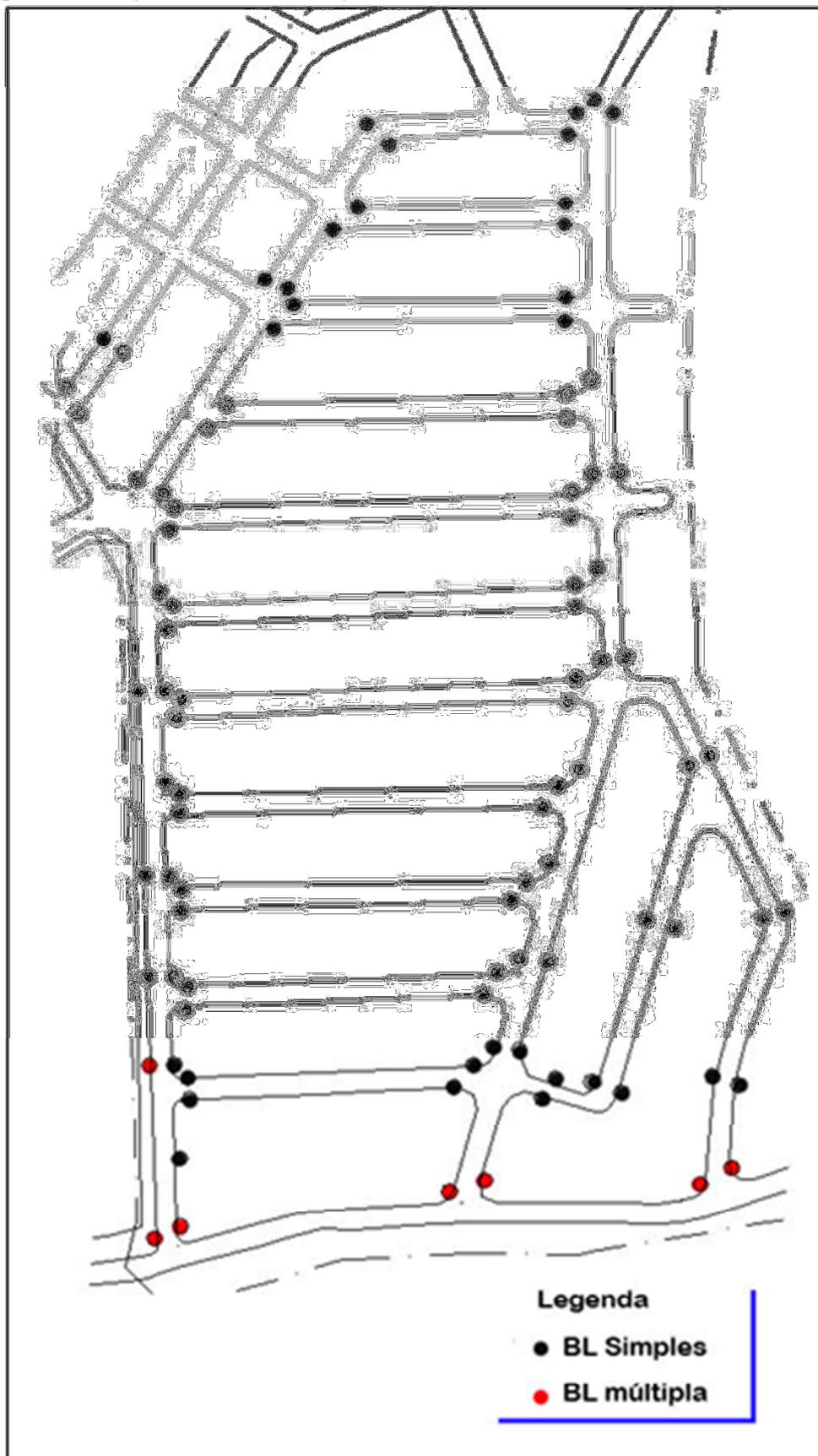
$$Q_{bl} \cong 0,106 \text{ m}^3/\text{s}$$

5.21 Localização das bocas-de-lobo no bairro Treviso

Com a capacidade da boca de lobo individualmente estabelecida e o mapeamento da localização destes componentes pelo loteamento conforme a figura 20, prossegue-se com a avaliação do sistema.

Esta análise consiste em verificar as vazões não suportadas pela sarjeta, indicando a necessidade da inserção da boca-de-lobo nestes pontos, onde serão absorvidos os escoamentos excedentes para as galerias subterrâneas.

Figura 20 – Posição das Bocas-de-lobo pelo bairro Treviso



Fonte: O autor

Na tabela 07, são observados os trechos que terminam na Rua Abraão Caineli, e a quantidade de bocas de lobo utilizadas na absorção do escoamento, inseridas desde as cotas mais altas até aos trechos na jusante.

Tabela 07 – Quantidade de bocas de lobo

Trecho	Logradouro	Quantidade de Boca-de-lobo	
		Margem direita	Margem esquerda
41--45	Rua um	15	33
42--46	Av. um	25	7
44--47	Rua treze	5	5

Fonte: O autor

5.22 Galerias

Com o projeto de drenagem pluvial existente, foi elaborado a tabela 08, com os valores dos recobrimentos dos condutos, profundidade de assentamento, e as inclinações das vias e galerias.

Botelho (2011, p.77) afirma que o recobrimento mínimo é em função dos diâmetros dos tubos conforme demonstrados na tabela 09, que deverão ser em concreto armado em diâmetros superiores a 600 mm, conforme as exigências da ABNT NBR 8890/2008. No bairro Treviso o menor recobrimento encontrado em projeto foi o de 0,6 m para um tubo de 800 milímetros, onde o recobrimento correto seria de 1 m, ou pelo menos 0,8 m que é o mesmo recobrimento mínimo adotado pela instrução técnica para elaboração de estudos e projetos de drenagem urbana no município de Belo Horizonte (SUDECAP), no item 4.5.

Como regra básica, Botelho (2011, p.79) menciona a condição econômica de projeto, que será alcançada pela menor profundidade possível de escavação para posicionamento das galerias.

Em Azevedo Netto (2012, P.549) esta condição é obtida quando há uma mesma declividade entre a via e o condutor, que deverá estar com profundidade máxima de 3,5 m conforme sugestão do autor.

No projeto do bairro Treviso foi constatado uma profundidade máxima de 2,5 metros para assentamento do tubo.

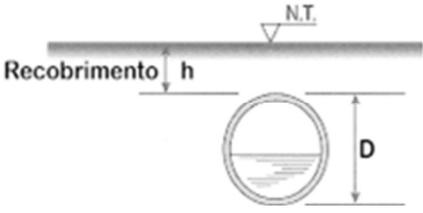
Tabela 08 – Recobrimento, profundidade e inclinações

Informações extraídas do projeto existente							
Trecho	Diâmetro(mm)	Recobrimento do tubo (m)		Profundidade da vala (m)		Inclinação	
		Montante	Jusante	Montante	Jusante	Via	Galeria
9--11	400	1,0	1,0	1,5	1,5	11,83%	11,83%
11--15	400	1,0	1,0	1,5	1,5	14,16%	14,16%
15-19	400	1,0	1,0	1,5	1,5	10,24%	10,24%
19--22	400	1,0	1,0	1,5	1,5	11,95%	11,95%
22--25	600	0,8	0,8	1,5	1,5	9,87%	9,87%
25--28	600	0,8	0,8	1,5	1,5	9,92%	9,92%
28--32	600	0,8	0,8	1,5	1,5	6,40%	6,40%
32--36	600	0,8	0,8	1,5	1,5	13,30%	13,30%
36--40	600	0,8	0,8	1,5	1,5	14,30%	14,30%
40--42	600	0,8	1,3	1,5	2,0	14,96%	15,86%
42--46	800	1,1	1,1	2,0	2,0	14,70%	14,70%
33-33a	400	1,0	1,0	1,5	1,5	8,46%	8,46%
33a--43	400	1,0	1,0	1,5	1,5	8,42%	8,42%
43--43a	400	1,0	1,0	1,5	1,5	3,30%	3,30%
43a--42	400	1,0	1,5	1,5	2,0	3,30%	5,07%
37--37a	400	1,0	1,0	1,5	1,5	7,53%	7,53%
37a--44	400	1,0	1,0	1,5	1,5	7,34%	7,34%
44--47	400	1,0	1,5	1,5	2,0	14,36%	15,29%
7--10	400	1,0	1,0	1,5	1,5	5,18%	5,18%
10--13	400	1,0	1,0	1,5	1,5	10,14%	10,14%
13--17	400	1,0	1,0	1,5	1,5	11,47%	11,47%
17--20	400	1,0	1,0	1,5	1,5	13,69%	13,69%
12--16	400	1,0	1,0	1,5	1,5	3,31%	3,31%
16-20	400	1,0	1,0	1,5	1,5	2,95%	2,95%
20--23	600	0,8	0,8	1,5	1,5	9,90%	9,90%
23--26	600	0,8	0,8	1,5	1,5	11,11%	11,11%
26--30	600	0,8	0,8	1,5	1,5	10,82%	10,82%
30--34	600	0,8	0,8	1,5	1,5	11,09%	11,09%
34--38	600	0,8	0,8	1,5	1,5	11,92%	11,92%
38--41	600	0,8	1,3	1,5	2,0	15,40%	16,35%
41--41a	800	1,1	0,6	2,0	1,5	16,43%	15,36%
41a--45	800	0,6	1,1	1,5	2,0	16,43%	17,49%
47--47a	600	1,3	1,3	2,0	2,0	1,72%	1,72%
47a--46	600	1,3	1,3	2,0	2,0	0,26%	0,26%
46-46a	800	1,1	1,1	2,0	2,0	1,07%	1,07%
46a--45	800	1,1	1,1	2,0	2,0	5,68%	5,68%
45--48	1000	0,9	1,4	2,0	2,5	3,57%	4,29%

Fonte: Projeto do loteamento para o bairro Treviso

Tabela 09 – Recobrimento mínimo segundo Botelho

Tubos	Recobrimento mínimo (m)
Concreto simples	0,6
concreto armado	
\varnothing 700 mm	0,7
\varnothing 800 mm	1
\varnothing 1000 mm	1
\varnothing 1200 mm	1,2
\varnothing 1500 mm	1,5



Fonte: (BOTELHO, 2011)

5.23 Ligação entre bocas de lobo e a canalização

A captação provinda das bocas-de-lobo alcança a canalização principal através dos tubos de ligação, conforme menciona Botelho (2011, p.76), segundo o autor o diâmetro pode ser selecionado em função do número de bocas-de-lobo a esgotar em determinado pontos, conforme tabela 10:

Tabela 10 – Diâmetro dos tubos de ligação

Número de bocas de lobo a esgotar	\varnothing Ligação
1	300 mm
2	400 mm
3	600 mm

Fonte: (BOTELHO, 2011)

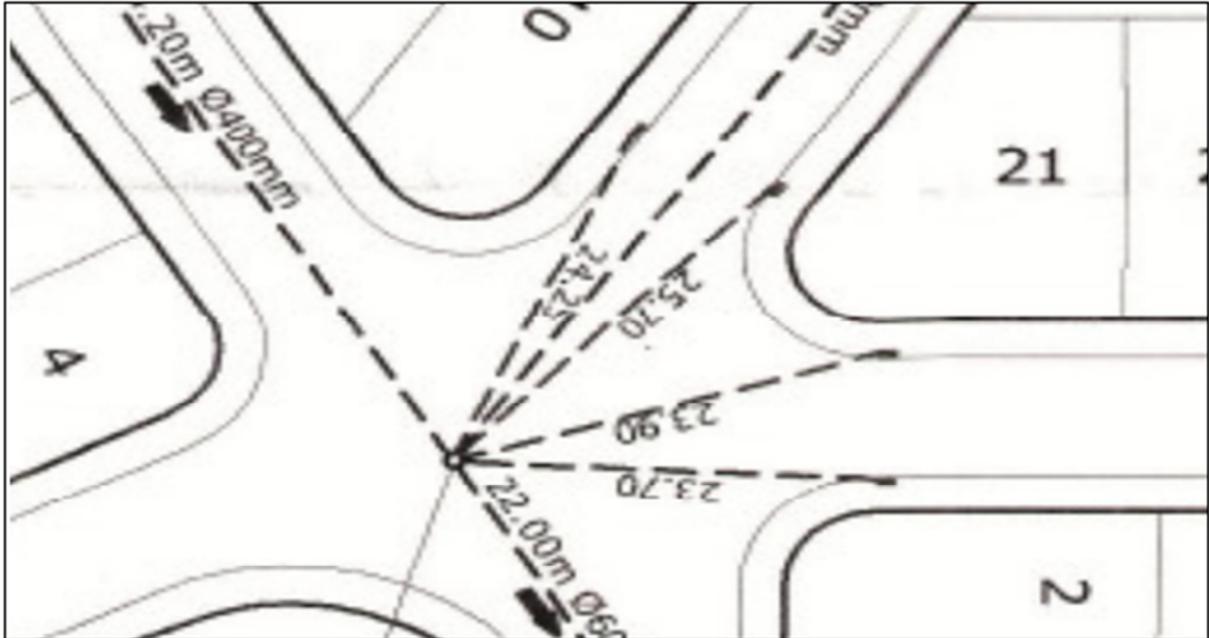
No bairro Treviso para as ligações entre as bocas de lobo e as galerias, foram utilizados o diâmetro de 400 milímetros, em todos os casos.

5.24 Caixas de ligação

Conforme descrito por Azevedo Netto (2012, P.548) as caixas de ligação são elementos que fazem a conexão entre as bocas de lobo com a canalização principal, além de amenizar o excesso de ligações nos poços de visita, onde segundo o autor, recomenda-se que seja utilizado no máximo quatro ligações nos pv's.

Foi constatado no projeto do bairro Treviso, alguns poços de visita com excesso de ligações, conforme figura 21.

Figura 21 – Ligações excessivas no poço de visita



Fonte: Projeto do loteamento para o bairro Treviso

5.25 Poço de visita

A principal função dos poços de visita, segundo Azevedo Netto (2012, P.548), é a de permitir o acesso as galerias para a manutenção e o bom funcionamento do sistema. Para favorecer estas operações, é importante a localização apropriada destes elementos, como em cruzamento de vias, mudanças de seção, declividade e mudança de direção.

O manual da CETESB (1980, p.217), indica o espaçamento máximo entre os poços de visita, em função dos diâmetros dos condutos conforme tabela 11.

Tabela 11 – Distância entre poços de visita

Diâmetro (ou altura) do conduto (m)	Espaçamento máx.(m)
0,3	120
0,50 ----0,90	150
1,00 ou mais	180

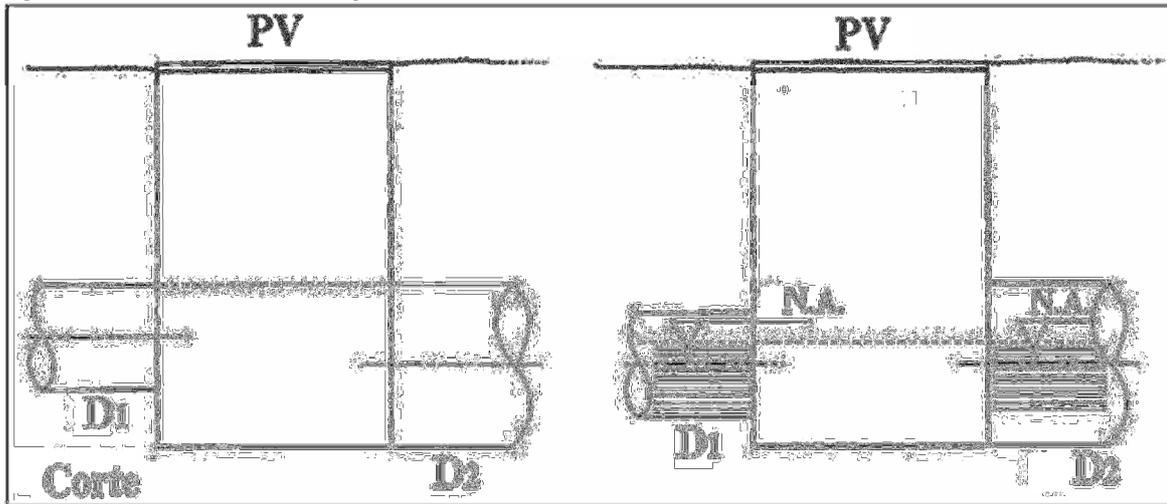
Fonte: (Manual da CETESB, 1980)

Segundo Botelho (2011, p.48), os poços de visita possuem custos elevados ao empreendimento, devendo ser evitado exageros quanto à quantidade de PV's.

5.26 Posicionamento das galerias

Segundo Botelho (2011, p.77), o posicionamento dos condutos interligados nos poços de visita, poderá ser através da coincidência entre as geratrizes superiores, ou coincidindo o nível da lâmina de água no interior dos condutos, conforme figura 22.

Figura 22 – Posicionamento das galerias

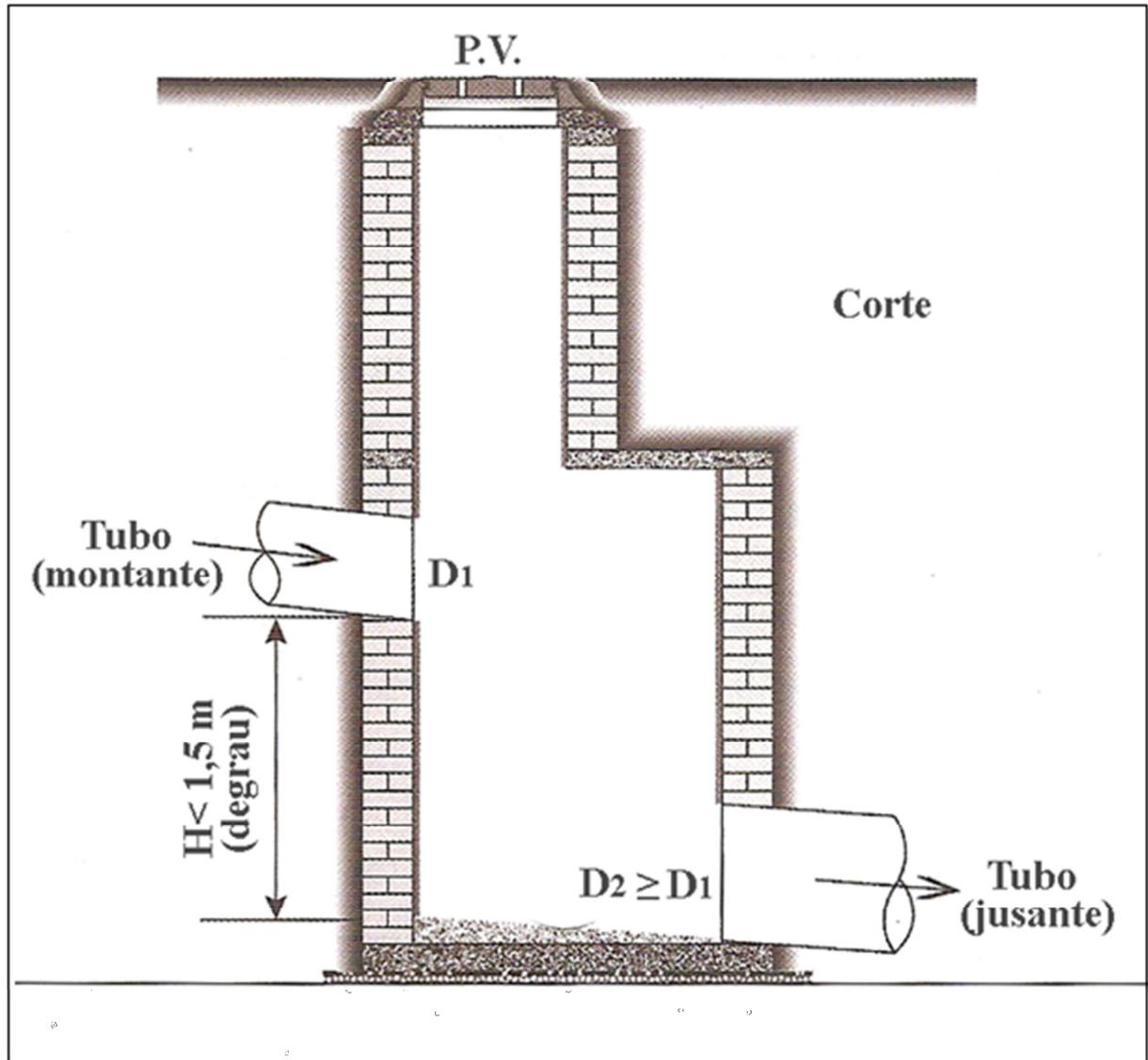


Fonte: (BOTELHO, 2011)

Na impossibilidade de coincidência pela geratriz superior, ou pelo nível da lâmina de água, os condutos poderão ser posicionados em desnível conhecido como degrau conforme figura 23, e neste caso esta diferenciação não poderá superar 1,5 metros, devido aos efeitos erosivos. Caso seja necessário o uso de um degrau com maiores dimensões, a associação brasileira dos fabricantes de tubos de concreto – ABTC, o poço de visita deve ser projetado em concreto armado, com reforço adicional no fundo da caixa, para minorar os efeitos erosivos.

Uma possibilidade para a manutenção das velocidades mínimas e máximas, Azevedo Netto (2012, P.552) propõe a utilização do degrau no poço de visita, desde que seu uso não exceda os limites de cobertura mínima e profundidade máxima da galeria. O autor também salienta que o diâmetro das galerias posicionadas a jusante não deve ser inferior em relação aos trechos de montante.

Figura 23 – Degrau no poço de visita



Fonte: (BOTELHO, 2011)

5.27 Cálculo das galerias

Pode ser encontrado no manual da CETESB (1980, p.181), o procedimento para cálculo das galerias de conduto circular em regime permanente e uniforme, operando como conduto livre.

No cálculo do projeto do bairro Treviso, foram extraídos as informações necessárias para avaliação do sistema como:

- Diâmetro das galerias
- Cotas do terreno
- Cotas de assentamento (fundo do condutor)
- Espaçamento entre poços de visita
- Vazão acumulada (margens direita e esquerda) em cada trecho

Com estes dados foi realizada uma seqüência de cálculos, iniciando pela obtenção da declividade média tanto da via quanto das galerias de cada trecho com a fórmula a seguir:

Declividade média da via:

$$I_{m_{via}} = \frac{\text{Cota terreno a montante} - \text{Cota terreno a jusante}}{\text{Distância entre Pv's}}$$

Declividade da galeria:

$$I_{galeria} = \frac{\text{Cota de assentamento a montante} - \text{Cota de assentamento a jusante}}{\text{Distância entre Pv's}}$$

Com os diâmetros das galerias previamente determinados, é obtido então o raio hidráulico considerando a seção plena pela equação abaixo:

$$Rh_{pleno} = \frac{\text{Diâmetro da galeria}}{4}$$

Foram calculadas as velocidades nas galerias, também considerando que estes estivessem trabalhando em seção plena:

$$V_{plena} = \frac{Rh_{pleno}^{2/3} \sqrt{I_{galeria}}}{n}$$

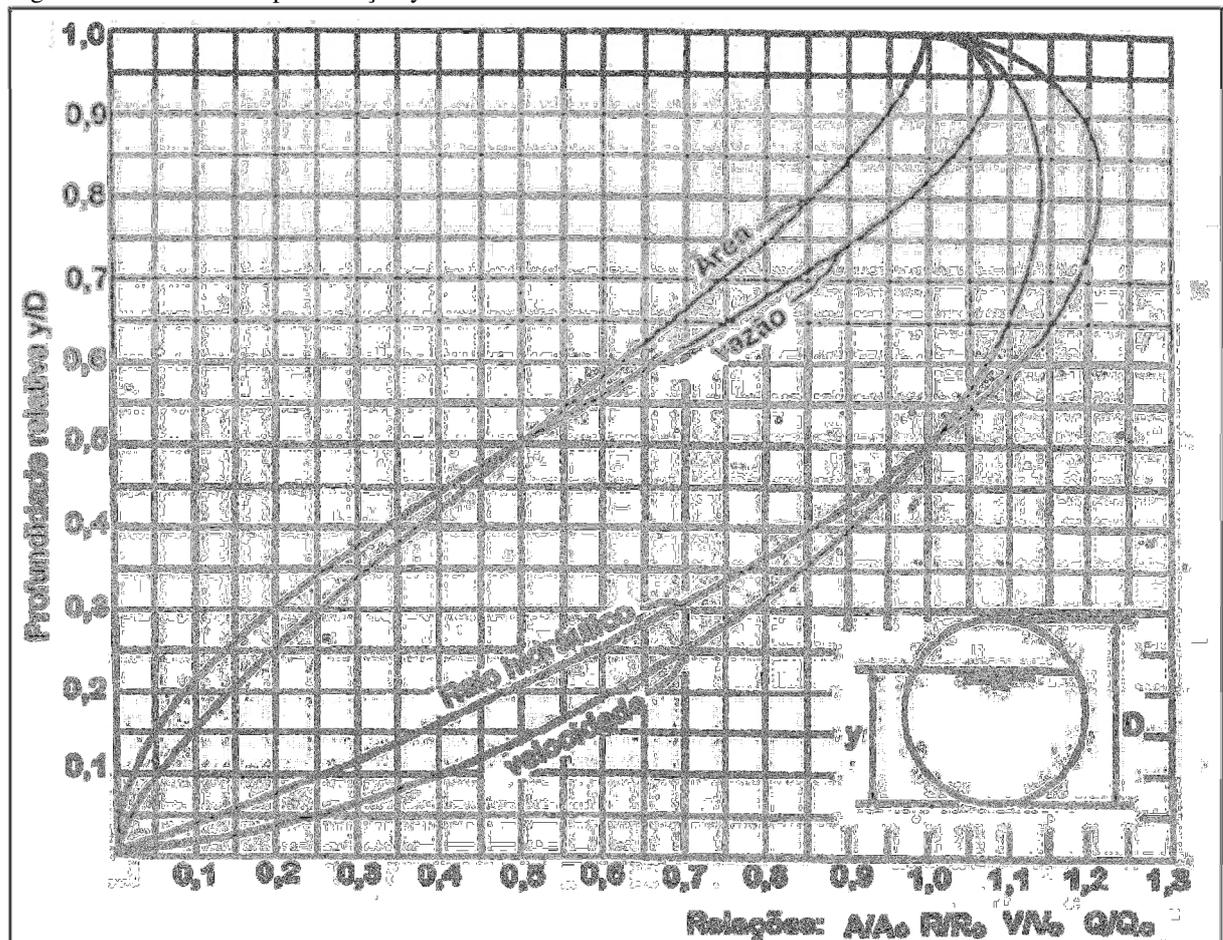
Considerando que a galeria esteja trabalhando a plena seção, é possível a determinação da vazão plena através das incógnitas conhecidas, como a velocidade plena anteriormente calculada e a área do condutor no trecho avaliado.

$$Q_{plena} = V_{plena} \cdot \text{Area do condutor}$$

Pelo método racional foram obtidas as vazões em cada trecho, resultando em valores acumulados tanto para a margem esquerda quanto direita das vias. Em cálculo, é pressuposto que a vazão acumulada seja inserida até a galeria do trecho avaliado, e a relação entre esta vazão, com a vazão plena do conduto, induz aos demais coeficientes extraídos do ábaco da figura 24.

A profundidade relativa (y/d) da lâmina de água no conduto, correlaciona os coeficientes que possibilitam os parâmetros para vazão, área molhada, raio hidráulico e velocidade.

Figura 24 – Coeficientes para relação y/D



Fonte: (Manual da CETESB, 1980)

Pelo gráfico, é observado que para a condição de maiores vazões, o tubo circular deveria trabalhar com lâmina d'água a uma altura de aproximadamente 93% do diâmetro adotado, ou seja, a vazão no conduto de seção plena teria um decréscimo, em relação ao conduto trabalhando com uma pequena folga em sua seção. Porém o manual da CETESB (1980, p.181), salienta que esta situação é apenas uma possibilidade teórica, uma vez que a presença de irregularidades, junções ou qualquer tipo de obstrução nas galerias, seria o suficiente para ocasionar perturbação no regime, que passaria a trabalhar em carga, onde a solução indicada pelo próprio manual da CETESB (1980, p.182), seria a manutenção desta lâmina de água em no máximo 82% da seção do conduto.

Conforme o manual da CETESB (1980, p.179), quando a linha piezométrica chega a ultrapassar o nível da sarjeta, o líquido poderá retornar da galeria em direção a boca de lobo, percorrendo por um caminho inverso ao projetado. Esta situação é plausível quando a relação y/d for superior a um, onde teoricamente o conduto estaria trabalhando em regime forçado, com a pressão interna superior a pressão atmosférica.

Em alguns trechos do loteamento, foram verificados que a relação y/d ultrapassava o limite de 82%, sendo necessária uma nova verificação com um diâmetro imediatamente superior, até que a relação y/d seja mantida nos limites adequados.

5.28 Velocidades mínimas para galerias

O manual da CETESB (1980, p.179) adverte sobre a maior probabilidade de assoreamento nos condutos trabalhando em baixas velocidades. Para Botelho (2011, p.77) é necessário que a velocidade mínima nas galerias, seja de 0,7 m/s para auxílio da manutenção e limpeza dos tubos, o que é possível perante a uma declividade mínima, sugerida pelo autor conforme tabela 12:

Tabela 12 – Declividade mínima para o coletor

Diâmetro (mm)	Declividade mín. (m/m)
300	0,003
350	0,0023
400	0,0019
500	0,0014
600	0,0011
700	0,0009
800	0,0007
900	0,0006
1000	0,0005
1200	0,0004

Fonte: (BOTELHO, 2011)

A menor velocidade encontrada no projeto de drenagem pluvial do bairro Treviso foi de 0,89 m/s, justamente no trecho com a menor declividade (0,3%).

5.29 Velocidades máxima para galerias

Velocidades máximas de até 5 m/s são usualmente empregadas por municípios como o do Rio de Janeiro, e recomendadas pela literatura técnica, como em Tucci (1995, p.80), Azevedo Netto (2012, P.549), e também em Botelho (2011, p.77).

A Universidade Federal de Campina Grande, através da unidade acadêmica de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo afirmam que para a compatibilização destas velocidades, as declividades do terreno devem abranger entre 0,3% a 4,0% usualmente. No projeto do bairro Treviso, estes valores variaram entre 0,3% a 16%.

Para a associação brasileira dos fabricantes de tubos de concreto – ABTC, esta velocidade limite pode ser elevada para 7 m/s. Este valor é similarmente adotado pela Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental-SUDERHSA do estado do Paraná na incidência de altas declividades.

Segundo as diretrizes para projeto de drenagem urbana na cidade de Belo Horizonte a velocidade máxima pode chegar até 8 m/s nos tubos de concreto do tipo (PA-1, PA-2, PA-3), conforme SUDECAP no item 3.2.

No bairro Treviso, foram constatadas velocidades que extrapolam não somente aos valores usualmente recomendados pela literatura, mas também aos 8 m/s que é a velocidade máxima permitida em projeto para a região de Belo horizonte (SUDECAP).

6 RESULTADOS

Nos Apêndices E e G, foram calculadas as vazões pelo método racional para o tempo de retorno de 5 e 10 anos respectivamente. Desconsiderando a presença das bocas-de-lobo, foram calculadas a capacidade das sarjetas, destacadas em amarelo para vazões não suportadas pela sarjeta (Apêndices F e H)

Conforme as tabelas 13 e 14, a capacidade de engolimento das bocas-de-lobo são superiores as vazões acumuladas, não permitindo teoricamente que haja vazões excedentes para a Rua Abraão Caineli.

Tabela 13 – Capacidade da boca-de-lobo (Tempo de retorno = 5 anos)

Trecho	Logradouro	Vazão acumulada (m ³ /s)		Capacidade total das bocas-de-lobo (m ³ /s)	
		M. Direita	M. Esquerda	M. Direita	M. Esquerda
41--45	Rua um	0,18	1,63	1,59	3,5
42--46	Av. um	0,66	0,49	2,65	0,74
44--47	Rua treze	0,13	0,30	0,53	0,53

Fonte: O autor

Tabela 14 – Capacidade da boca-de-lobo (Tempo de retorno = 10 anos)

Trecho	Logradouro	Vazão acumulada (m ³ /s)		Capacidade total das bocas-de-lobo (m ³ /s)	
		M. Direita	M. Esquerda	M. Direita	M. Esquerda
41--45	Rua um	0,21	1,90	1,59	3,5
42--46	Av. um	0,77	0,57	2,65	0,74
44--47	Rua treze	0,15	0,35	0,53	0,53

Fonte: O autor

É observado pela tabela 15, que alguns trechos (17—20; 47a—46; 46—46a), estão trabalhando com a relação y/d superior a 80%, que é o limite recomendado pelos principais autores estudados.

Com base na velocidade máxima de 5 m/s, usualmente indicada pela literatura técnica, 22 dos 37 trechos do loteamento não estariam em conformidade.

Com base na velocidade limite de 8 m/s, das diretrizes para projeto de drenagem urbana na cidade de Belo Horizonte (SUDECAP), 3 dos 37 trechos do loteamento não estariam em conformidade.

Tabela 15 – Cálculo das galerias

Resultados considerando o projeto existente ---TR 10 anos									
Trecho	Ø (mm)	q vazão (m³/s)	veloc. Plena (m/s)	vazão plena (m³/s)	q/Qo	y/d	r/Ro	Raio Hidr. Corrigido (m)	Velocid. Corrig. (m/s)
9--11	400	0,225	4,63	0,58	0,39	0,43	0,90	0,09	4,32
11--15	400	0,298	5,07	0,64	0,47	0,48	0,97	0,10	4,97
15-19	400	0,429	4,31	0,54	0,79	0,67	1,17	0,12	4,78
19--22	400	0,572	4,66	0,59	0,98	0,80	1,22	0,12	5,32
22--25	600	0,73	5,54	1,57	0,47	0,48	0,97	0,15	5,43
25--28	600	0,866	5,56	1,57	0,55	0,53	1,04	0,16	5,70
28--32	600	0,995	4,46	1,26	0,79	0,67	1,17	0,18	4,96
32--36	600	1,113	6,44	1,82	0,61	0,57	1,08	0,16	6,77
36--40	600	1,203	6,67	1,89	0,64	0,58	1,09	0,16	7,07
40--42	600	1,267	7,03	1,99	0,64	0,58	1,09	0,16	7,44
42--46	800	1,49	8,20	4,12	0,36	0,42	0,89	0,18	7,58
33-33a	400	0,132	3,92	0,49	0,27	0,35	0,77	0,08	3,29
33a--43	400	0,209	3,91	0,49	0,43	0,46	0,95	0,10	3,78
43--43a	400	0,232	2,45	0,31	0,75	0,65	1,15	0,12	2,69
43a--42	400	0,256	3,03	0,38	0,67	0,60	1,11	0,11	3,25
37--37a	400	0,226	3,70	0,46	0,49	0,49	0,99	0,10	3,67
37a--44	400	0,353	3,65	0,46	0,77	0,66	1,16	0,12	4,03
44--47	400	0,497	5,27	0,66	0,75	0,65	1,15	0,12	5,78
7--10	400	0,185	3,06	0,38	0,48	0,49	0,99	0,10	3,04
10--13	400	0,365	4,29	0,54	0,68	0,60	1,11	0,11	4,60
13--17	400	0,536	4,56	0,57	0,94	0,77	1,21	0,12	5,18
17--20	400	0,746	4,98	0,63	1,19	>0,8	--	--	--
12--16	400	0,11	2,45	0,31	0,36	0,41	0,87	0,09	2,23
16-20	400	0,129	2,31	0,29	0,44	0,47	0,96	0,10	2,25
20--23	600	0,925	5,55	1,57	0,59	0,55	1,06	0,16	5,77
23--26	600	1,113	5,88	1,66	0,67	0,60	1,11	0,17	6,30
26--30	600	1,298	5,80	1,64	0,79	0,67	1,17	0,18	6,45
30--34	600	1,485	5,88	1,66	0,89	0,74	1,20	0,18	6,64
34--38	600	1,671	6,09	1,72	0,97	0,79	1,22	0,18	6,96
38--41	600	1,862	7,13	2,02	0,92	0,76	1,21	0,18	8,10
41--41a	800	2,102	8,38	4,21	0,50	0,50	1,00	0,20	8,38
41a--45	800	2,102	8,94	4,49	0,47	0,48	0,97	0,19	8,76
47--47a	600	0,52	2,31	0,65	0,80	0,67	1,17	0,18	2,57
47a--46	600	0,52	0,89	0,25	2,06	>0,8	--	--	--
46-46a	800	2,01	2,21	1,11	1,81	>0,8	--	--	--
46a--45	800	2,01	5,09	2,56	0,78	0,67	1,17	0,23	5,66
45--48	1000	4,1	5,13	4,03	1,02	0,84	1,22	0,31	5,86

Fonte: O autor

Foi observado do projeto existente, que na mudança de diâmetro de alguns trechos não há coincidência entre as geratrizes superiores, ou pelo nível da lâmina de água no interior dos condutos demonstrados na tabela 16:

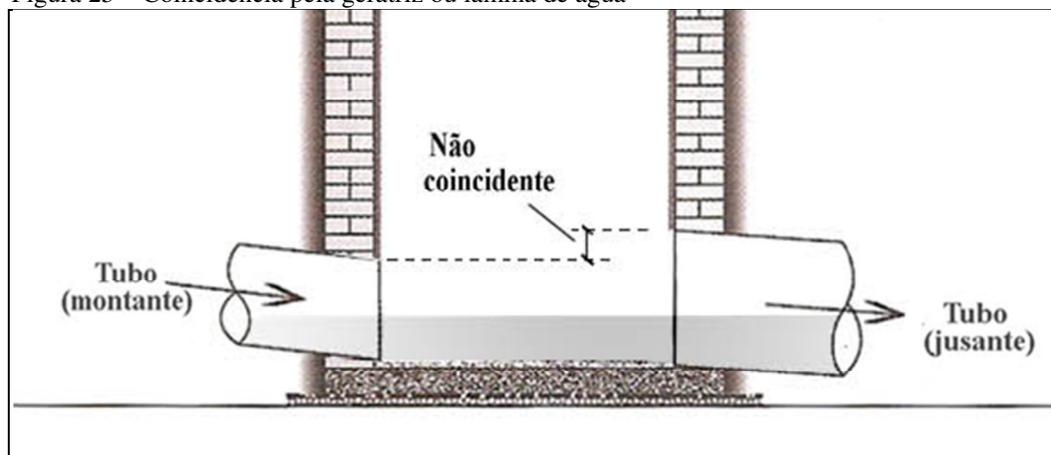
Tabela 16 – Coincidência pela geratriz ou lâmina de água

Coincidência da geratriz superior ou lâmina de água entre os condutos - TR 10 anos						
Trecho	Ø (mm)	Cota de assentamento (m)		Relação y/d	Diferença entre geratrizes superiores	Diferença entre as lâminas de água
		montante	Jusante			
19--22	400	911,803	905,348	0,80	20 cm	3,2 cm
22--25	600	905,348	900,017	0,48		
40--42	600	875,345	866,495	0,58	20 cm	1,2 cm
42--46	800	866,495	855,6	0,42		
16-20	400	905,2	903,6	0,47	20 cm	14,2 cm
20--23	600	903,6	898,331	0,55		
38--41	600	874,061	865,398	0,76	20 cm	5,6 cm
41--41a	800	865,398	858,24	0,50		
46a--45	800	854,8	850	0,67	20 cm	30,4 cm
45--48	1000	850	847	0,84		

Fonte: Projeto do loteamento para o bairro Treviso

Na figura 25, é demonstrado que para uma mesma cota de assentamento, não haverá coincidência da geratriz superior entre os condutos, caso haja mudança no diâmetro.

Figura 25 – Coincidência pela geratriz ou lâmina de água



Fonte: (BOTELHO, 2011) adaptado pelo autor

6.1 Revisão de projeto

Para o acúmulo de água:

Teoricamente o acúmulo de água da Rua Abraão Caineli, é causado pela sua própria subbacia de contribuição, que apresentou uma vazão de 79 l/s.

Com as mesmas características calculadas neste trabalho no item 5.20, as bocas de lobo padronizadas pelo loteamento resultaram na capacidade de engolimento de 106 l/s individualmente.

Em concordância ao que é prescrito pelo manual da CETESB (1980, P.290), e também em Azevedo Netto (2012, P.547) para os pontos baixos da sarjeta, optou-se neste trabalho, a inserção da boca de lobo múltipla com depressão na sarjeta, que resultaria na capacidade de 212 l/s, Levando em consideração adequada manutenção e limpeza da via.

Para as galerias:

Foram realizadas três opções de projeto, observando a ponderação dos diferentes autores, e diretrizes técnicas para a região de Belo Horizonte (SUDECAP). Em todos os casos, a relação y/d foi limitada em 80%, e a velocidade mínima de 0,75 m/s.

Projeto A (apêndice I):

Neste projeto, foram consideradas as diretrizes seguidas pelo município de Belo Horizonte (SUDECAP), porém foi utilizado o recurso dos degraus pela recomendação de Azevedo Netto (2012, P.552) para amenizar altas velocidades de vários trechos, limitando a profundidade máxima de escavação.

- Consideração no uso de degraus com até 1,5 m
- Recobrimento mínimo de 0,8 m
- Profundidade máxima de 3,5 m para as valas
- Há redução das velocidades em vários trechos que excedem a 5 m/s
- Velocidade máxima de 8 m/s nas maiores declividades

Projeto B (apêndice J):

Neste projeto, foram consideradas as diretrizes seguidas pelo município de Belo Horizonte (SUDECAP), porém o recurso dos degraus foi utilizado em apenas dois trechos que excediam a velocidade máxima para os tubos de concreto:

- Consideração no uso de degraus com até 1,5 m
- Recobrimento mínimo de 0,8 m
- Permite profundidade da vala com até 3,5 m
- Redução das velocidades apenas nos trechos que excedam a 8 m/s

Projeto C (apêndice K):

Neste projeto, houve maiores profundidades na utilização dos degraus para que a velocidade máxima de 5 m/s, que é um limite recomendado por Tucci (1995, p.80), Azevedo Netto (2012, P.549) e Botelho (2011, p.77).

- Permite utilização de degraus superiores a 1,5 m
- Recobrimento mínimo de 1,0 m
- Grandes profundidades de assentamento
- Velocidade máxima de 5 m/s

Na reavaliação do projeto real, houve a inserção de degraus nos poços de visita em ambos os projetos, estes elementos influenciaram nas declividades, relação y/d e velocidades das galerias, conforme a figura demonstrada no apêndice L.

Com base no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI, atualizada em setembro/2015, foram avaliados os custos referentes aos tubos de concreto, e a escavação mecanizada da vala em vias urbanas, observando as diferentes profundidades.

A avaliação do custo dos tubos de concreto PA-1 na tabela 17 foi baseada nos valores tabelados da SINAPI, em que os preços variam em função do diâmetro utilizado.

No apêndice L é demonstrado o total linear dos diferentes diâmetros adotados para cada projeto.

A adoção dos mesmos diâmetros resultaram nos mesmos percentuais de custo para os projetos A e B.

Na redução das velocidades do projeto C, muitos trechos tiveram as relações y/d (profundidade relativa) aumentadas no conduto, sendo utilizados diâmetros imediatamente superiores, para a correção desta relação.

Na opção de aumento dos diâmetros, os trechos a jusante também tiveram seus diâmetros corrigidos.

As cotas de assentamento das galerias foram ajustadas pela coincidência de geratriz superior entres os tubos.

Tabela 17 – Comparação entre os custos dos tubos

Comparação de Custo dos tubos de concreto (PA-1)				
	Projeto real	Projeto A	Projeto B	Projeto C
Valor	R\$ 189.026,12	R\$ 214.902,02	R\$ 214.902,02	R\$ 231.426,24
Diferença em relação ao projeto real	-	13,70%	13,70%	22,43%

Fonte: O autor

Segundo os índices tabelados da SINAPI, os custos de escavação podem variar com a largura e profundidade da vala, com faixa de preços reduzidos para as maiores profundidades. Esta diferença foi considerada em ambos os projetos da tabela 18.

Devido às altas velocidades das galerias, no projeto A, foram inseridos degraus nos trechos, justificando o aumento da escavação.

No projeto B, para limitar a velocidade máxima em 8 m/s, houve a inserção dos degraus em apenas dois trechos, gerando pequena diferença de volume escavado em relação ao projeto real.

Para limitar a velocidade máxima em 5 m/s, foi necessário o uso dos degraus em diversos pontos, com escavações mais profundas no projeto C, em comparação com os demais projetos.

Tabela 18 – Comparação entre custos dos volumes de escavação

Custo da Escavação				
	Projeto real	Projeto A	Projeto B	Projeto C
Valor	R\$ 49.602,05	R\$ 60.603,87	R\$ 52.214,82	R\$ 76.627,37
Diferença em relação ao projeto real	-	22,18 %	5,27%	54,48%

Fonte: O autor

Na tabela 19, a comparação considera simultaneamente o total de custos para os tubos de concreto, e os custos de escavação.

Tabela 19 - Comparação entre custos considerando escavação e galerias

Custo da Escavação + Custo dos tubos de concreto				
	Projeto real	Projeto A	Projeto B	Projeto C
Valor	R\$ 238.628,17	R\$ 275.505,89	R\$ 267.116,84	R\$ 308.053,61
Diferença em relação ao projeto real	-	15,45%	11,94%	29,09%

Fonte: O autor

7 CONCLUSÃO

Utilizando o cálculo das vazões pelo método racional, com tempo de retorno para 5 e 10 anos, verificou-se que a capacidade das bocas-de-lobo foram superiores ao volume do escoamento superficial no loteamento do bairro Treviso.

Os autores pesquisados aconselham evitar as medidas estruturais, o que não deixa de ser uma crítica a quantidade elevada de bocas-de-lobo para os trechos, em que a absorção é notavelmente superior a demanda das vazões.

Conclui-se que na Rua Abraão Caineli, o acúmulo de água é formado por sua própria subbacia de contribuição, uma vez que teoricamente o escoamento superficial da montante do loteamento não atinge a região do acúmulo de água. A inserção da boca de lobo múltipla com depressão na sarjeta seria plausível e em concordância com os autores pesquisados, devido ao local ser um cruzamento de vias e possuir declividade praticamente nula.

Os cálculos das galerias, baseados nas informações do projeto existente, demonstraram resultados divergentes face às recomendações técnicas dos autores pesquisados, estas divergências foram encontrados no recobrimento mínimo, coincidência de geratriz superior, coincidência de lâmina de água, relação y/d e nas velocidades máximas aceitáveis.

A reavaliação do projeto original considerou as recomendações de diferentes autores, resultando em diferentes soluções.

Deduz-se pelo projeto existente, que as diretrizes técnicas adotadas foram similares aos adotados pela cidade de Belo Horizonte (SUDECAP), em que são permitidos menores recobrimentos e maiores velocidades, que resultaram em profundidades de escavação inferiores em relação aos demais projetos apresentados.

Apesar do menor custo do projeto existente, não foi verificado neste trabalho o impacto em longo prazo, para adoção de diretrizes que permitam altas velocidades nas galerias.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO NETTO, José Martiniano de; **Manual de Hidráulica**. 8ª edição; 11ª reimpressão. São Paulo: Editora Blücher, 2012.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **Águas de chuva**: Engenharia das águas pluviais nas cidades. 3ª ed. São Paulo: Blucher, 2011.

CETESB, **Drenagem Urbana**: Manual de projeto. 2ºed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1980.

DUARTE, Fábio.; **Planejamento Urbano**[livro eletrônico]/.Curitiba: InterSaberes, 2012.

GRIBBIN, John E.; **Introdução à Hidraulica, Hidrologia e Gestão de Águas Pluviais**. São Paulo: Cengage Learning, 2012

IBGE, Estimativa de censo demográfico. Disponível em <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=317070&idtema=130&search=minas-gerais|varginhalestimativa-da-populacao-2014>> Acesso em: 13 abril 2015.

Ministério do Meio Ambiente. **Ciclo hidrológico**. Disponível em: <<http://www.ministeriodomeioambiente.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrolgico>>. Acesso em: 15 abril. 2015.

PHILIPPI Jr, Arlindo et al. **Saneamento, saúde e ambiente**: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri – SP: Manole, 2005.

PINHEIRO, Adilson. II Seminário Estadual de Saneamento Ambiental. **Plano Diretor de Drenagem Urbana**. 2010, Florianópolis. Disponível em <http://eventos.fecam.org.br/arquivosbd/paginas/1/0.402069001282157464_adilson_pddu.pdf> Acesso em: 18 abril 2015.

Prefeitura Municipal de Varginha, **Plano Diretor municipal**. Disponível em <<http://varginha.mg.gov.br/legislacao-municipal/leis/83-1996/1965-lei-2845>> Acesso em: 20 abril 2015.

Prefeitura Municipal de Varginha, **Política Municipal do Meio Ambiente**. Disponível em <<http://www.varginha.mg.gov.br/legislacao-municipal/leis/84-1997/2137-lei-2974>> Acesso em: 20 abril 2015.

Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro, **Secretaria Municipal de obras**. Disponível em <<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/1377338/DLFE-215301.doc/InstrucoesTecnicasProjetosdeDrenagem1.versao.doc>> Acesso em: 12 abril 2015.

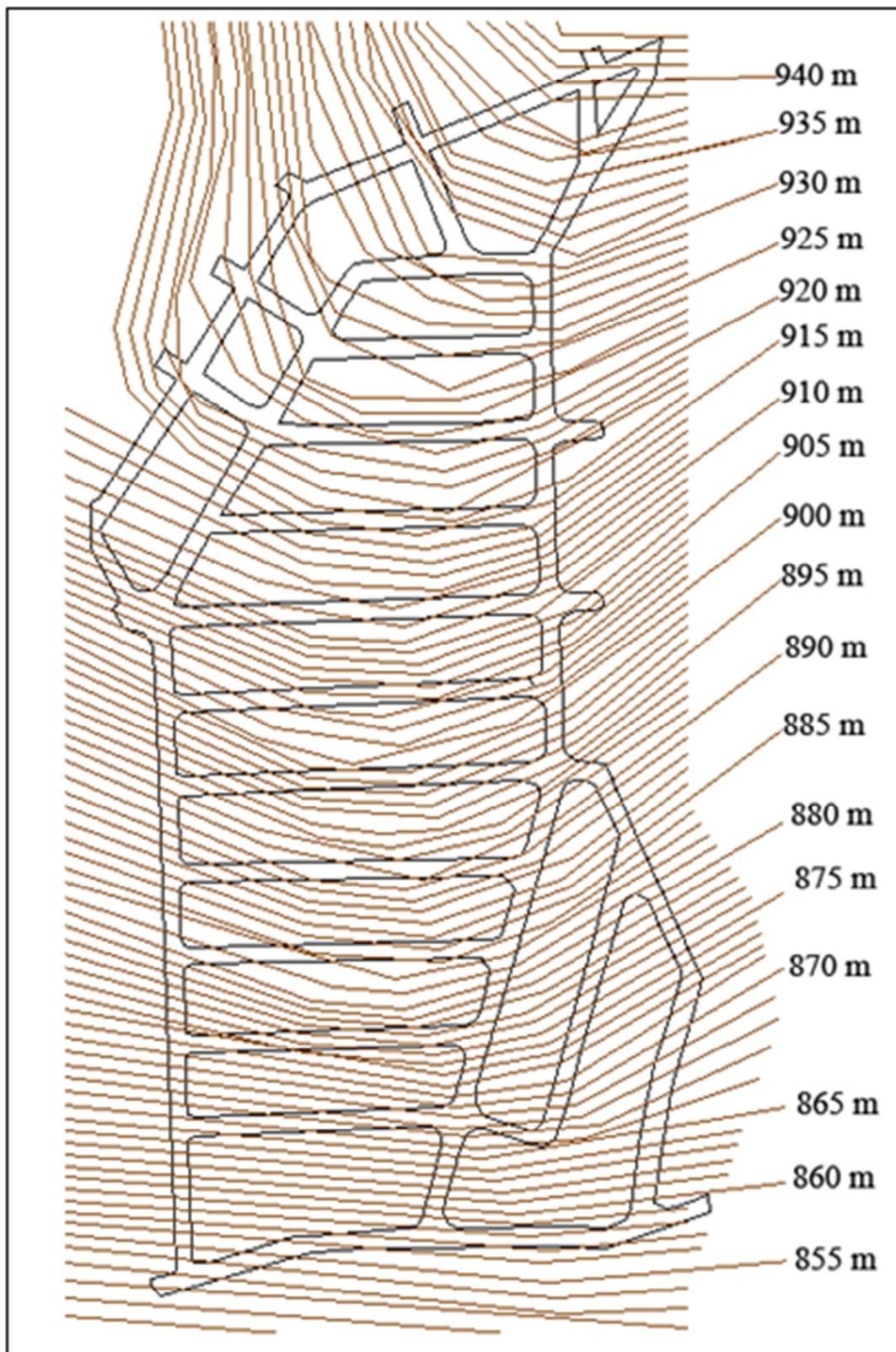
TUCCI, Carlos E. M.; PORTO, Rubem L. L.; BARROS, Mário T.; **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995.

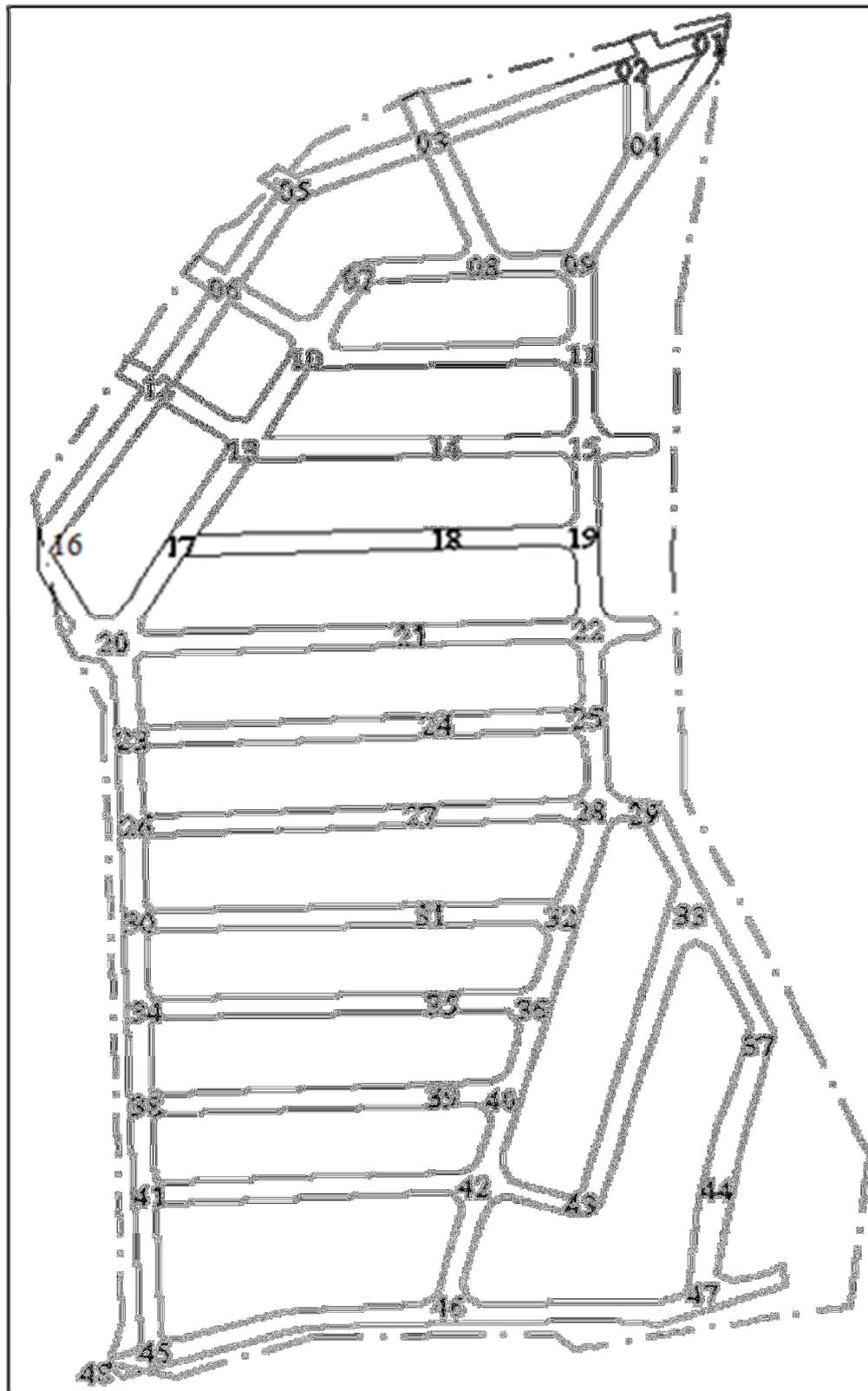
Universidade Federal de Goiás, Departamento de Engenharia Civil, **Hidrologia aplicada**. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/joseluispradosanchez/aula-8-drenagem-urbana>> Acesso em: 10 abril 2015.

YAMAWAKI, Yumi.; **Introdução à gestão do meio urbano** [livro eletrônico]/Yumi Yamawaki, Luciane Teresa Salvi. – Curitiba: InterSaberes, 2013.

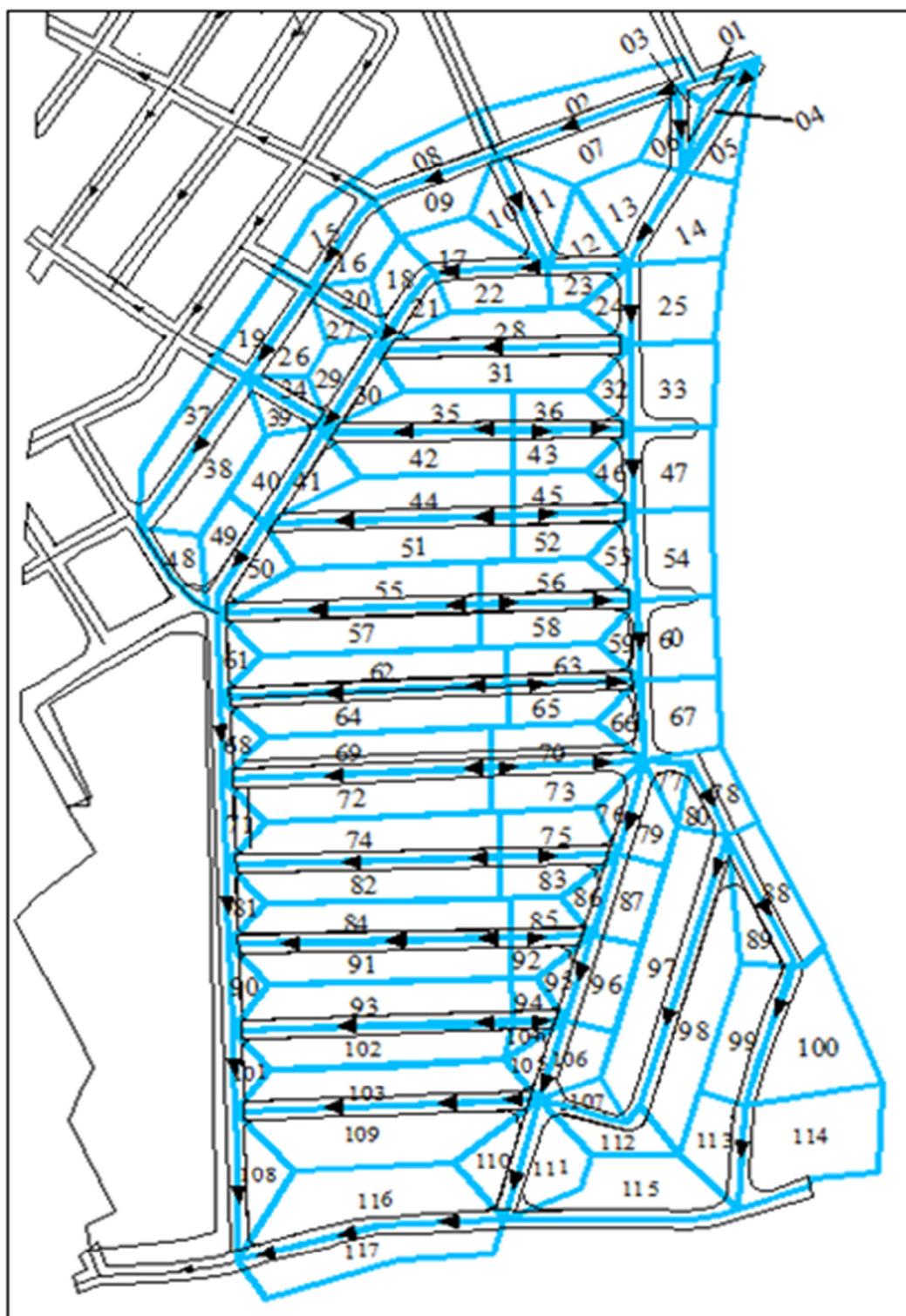
Associação Brasileira dos fabricantes de Tubos de Concreto. Disponível em:
<http://www.abtc.com.br/site/noticia_231.html> Acesso em: 06 outubro 2015.

Superintendência de desenvolvimento da capital. Disponível em:
<<http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?app=sudecap>> Acesso em: 15 outubro 2015.

APÊNDICE A – Curvas de nível do loteamento – (sem escala)

APÊNDICE B – Pontos de referência para os trechos – (sem escala)

APÊNDICE C – Divisão das Subbacias e escoamento do loteamento – (sem escala)



APÊNDICE D – N° da subbacia e área correspondente

Subbacia N°	Área (m²)
1	407,78
2	2959
3	410,52
4	563,29
5	1386,9
6	686,67
7	2953,15
8	2055,8
9	1881,87
10	1255,27
11	1416,85
12	1300,34
13	2181
14	2624
15	1607,97
16	1434,6
17	1872,25
18	1161,36
19	1607,31
20	673,44
21	784,17
22	1724,4
23	879,4
24	766,39
25	2876,74
26	1378,65
27	704,73
28	2904,21
29	1278,11
30	885,22
31	3721,78
32	723,64
33	2814,14
34	567,74
35	2408,36
36	1565,36
37	2094,71
38	3130,22
39	759,1
40	1675,16

Subbacia N°	Área (m²)
41	1201,72
42	2989,08
43	1527,46
44	3419,64
45	1648,61
46	730,22
47	2562,6
48	1062,15
49	1455,38
50	1147,27
51	4165,88
52	1738,06
53	841
54	2697
55	3793,68
56	2274,32
57	4181,55
58	2300,39
59	646,71
60	2482,9
61	721,94
62	4204,72
63	1710
64	4236,97
65	1848,81
66	750,97
67	2268
68	706,53
69	4012,78
70	2096,64
71	683,87
72	4290,03
73	2198,88
74	4411,52
75	1992,72
76	654,1
77	591,27
78	1258
79	1339,25
80	666,17

Subbacia N°	Área (m²)
81	600
82	4068,21
83	1400,1
84	4210,85
85	1069,53
86	696,27
87	1626,3
88	1995,7
89	1371,79
90	639,37
91	4184,09
92	820,39
93	4618,67
94	657,7
95	711,21
96	1778,3
97	5363,42
98	4965,86
99	2737,75
100	8564,35
101	606,09
102	4068,34
103	4370,58
104	382
105	776,1
106	1318,9
107	681,75
108	1705,7
109	5606,63
110	1572,45
111	2053
112	1532,74
113	1933,7
114	5035
115	3707,83
116	5415,41
117	3791,9

APÊNDICE E–Cálculo da vazão pelo método racional (Tempo de retorno de 5 anos)

(Continua)

Trecho	lograd.	Área de contrib.		Q(vazão m³/s)	
		Dir.	Esq.	Dir.	Esq.
1--2	Rua V. Semionato	0,00	407,78	0,000	0,007
2--3	Rua V. Semionato	2959,00	3360,93	0,052	0,059
3--5	Rua V. Semionato	5014,80	5242,80	0,089	0,093
5--6	Rua V. Semionato	6622,77	6677,40	0,117	0,118
6--12	Rua V. Semionato	8230,08	8056,05	0,146	0,143
12--16	Rua V. Semionato	10324,79	11186,27	0,183	0,198
16--20	Rua J. de Andrade	0,00	22573,21	0,000	0,399
1--4	Av um	563,29	1386,80	0,010	0,025
2--4	Rua José adélio	683,67	410,52	0,012	0,007
4--9	Av um	3275,19	4010,80	0,058	0,071
9--11	Av um	4041,58	6887,54	0,072	0,122
11--15	Av um	4765,22	9701,68	0,084	0,172
14--15	Rua três	1527,46	1565,36	0,027	0,028
15--19	Av um	8588,26	12264,28	0,152	0,217
18--19	Rua quatro	1738,06	1648,61	0,031	0,029
19--22	Av um	12815,93	14961,28	0,227	0,265
21--22	Rua cinco	2300,39	2274,32	0,041	0,040
22--25	Av um	18037,35	17444,18	0,319	0,309
24--25	Rua seis	1848,81	1710,00	0,033	0,030
25--28	Av um	22347,13	19712,18	0,395	0,349
27--28	Rua sete	2198,88	2096,64	0,039	0,037
28--32	Av um	27296,75	21051,43	0,483	0,373
31--32	Rua nove	1400,10	1992,72	0,025	0,035
32--36	Av um	31385,84	22677,73	0,555	0,401
35--36	Rua nove	820,39	1069,53	0,015	0,019
36--40	Av um	33986,97	24456,03	0,601	0,433
39--40	Rua dez	382,00	659,70	0,007	0,012
40--42	Av um	35804,77	25774,93	0,634	0,456
42--46	Av um	37377,22	27827,93	0,661	0,492
28--29	Rua treze	591,27	0,00	0,010	0,000
29--33	Rua treze	1257,44	1258,60	0,022	0,022
33--37	Rua treze	2629,23	3254,30	0,047	0,058
37--44	Rua treze	5366,98	11818,65	0,095	0,209
44--47	Rua treze	7300,68	16853,65	0,129	0,298
33--43	Rua doze	5363,42	4965,86	0,095	0,088
42--43	Rua onze	1532,74	681,75	0,027	0,012

APÊNDICE E–Cálculo da vazão pelo método racional (Tempo de retorno de 5 anos)

(Conclusão)

Trecho	lograd.	Área de contrib.		Q(vazão m ³ /s)	
		Dir.	Esq.	Dir.	Esq.
3--8	Rua J. A. Sigiani	1255,27	1416,85	0,022	0,025
9--8	Rua um	1300,34	879,40	0,023	0,016
8--7	Rua um	4427,86	2603,80	0,078	0,046
7--10	Rua um	5589,22	3387,97	0,099	0,060
11--10	Rua dois	2904,21	3721,78	0,051	0,066
10--13	Rua um	6867,33	10899,18	0,122	0,193
14--13	Rua três	2408,36	2989,08	0,043	0,053
13--17	Rua um	8542,49	17498,34	0,151	0,310
18--17	Rua quatro	3419,64	4165,88	0,061	0,074
17--20	Rua um	9997,87	26231,13	0,177	0,464
21--20	Rua cinco	3793,68	4181,55	0,067	0,074
20--23	Rua um	9997,87	34928,30	0,177	0,618
24--23	Rua seis	4204,72	4236,97	0,074	0,075
23--26	Rua um	9997,87	44076,52	0,177	0,780
27--26	Rua sete	4012,78	4290,03	0,071	0,076
26--30	Rua um	9997,87	53063,20	0,177	0,939
31--30	Rua oito	4411,52	4068,21	0,078	0,072
30--34	Rua um	9997,87	62142,93	0,177	1,100
35--34	Rua nove	4210,85	4184,09	0,075	0,074
34--38	Rua um	9997,87	71177,24	0,177	1,259
39--38	Rua dez	4618,67	4068,34	0,082	0,072
38--41	Rua um	9997,87	80470,34	0,177	1,424
42--41	Rua onze	4370,58	5605,63	0,077	0,099
41--45	Rua um	9997,87	92152,25	0,177	1,631
46--47	R. Abraão Caineli	3707,83	0,00	0,066	0,000
46--45	R. Abraão Caineli	9123,24	3791,90	0,161	0,067

APÊNDICE F – Capacidade das sarjetas (tempo de retorno = 5anos)

Em destaque as vazões que superam a capacidade da sarjeta

(Continua)

Trecho	Vazão Área Contr.(m³/s)		declivid.(%) trecho	Capac. Sarjeta(m³/s)		
	Dir.	Esq.		S/ correção	Fat. Redução	C/correção
1--2	0,000	0,007	3,91	0,356	0,60	0,214
2--3	0,052	0,059	10,15	0,574	0,20	0,115
3--5	0,089	0,093	7,50	0,493	0,30	0,148
5--6	0,117	0,118	8,75	0,532	0,23	0,122
6--12	0,146	0,143	3,70	0,346	0,65	0,225
12--16	0,183	0,198	8,72	0,531	0,25	0,133
16--20	0,000	0,399	8,05	0,511	0,27	0,138
1--4	0,010	0,025	7,56	0,495	0,29	0,144
2--4	0,012	0,007	8,04	0,510	0,27	0,138
4--9	0,058	0,071	7,74	0,501	0,28	0,140
9--11	0,072	0,122	9,85	0,565	0,21	0,119
11--15	0,084	0,172	9,52	0,555	0,22	0,122
14--15	0,027	0,028	1,92	0,249	0,80	0,199
15--19	0,152	0,217	10,80	0,591	0,18	0,106
18--19	0,031	0,029	2,57	0,288	0,75	0,216
19--22	0,227	0,265	12,46	0,635	0,17	0,108
21--22	0,041	0,040	3,05	0,314	0,71	0,223
22--25	0,319	0,309	12,26	0,630	0,17	0,107
24--25	0,033	0,030	3,16	0,320	0,70	0,224
25--28	0,395	0,349	5,81	0,434	0,42	0,182
27--28	0,039	0,037	4,27	0,372	0,57	0,212
28--32	0,483	0,373	9,35	0,551	0,22	0,121
31--32	0,025	0,035	3,54	0,339	0,65	0,220
32--36	0,555	0,401	10,00	0,569	0,20	0,114
35--36	0,015	0,019	2,93	0,308	0,72	0,222
36--40	0,601	0,433	11,30	0,605	0,18	0,109
39--40	0,007	0,012	3,05	0,314	0,71	0,223
40--42	0,634	0,456	12,68	0,641	0,16	0,103
42--46	0,661	0,492	14,59	0,687	0,15	0,103
28--29	0,010	0,000	9,85	0,565	0,21	0,119
29--33	0,022	0,022	11,76	0,617	0,17	0,105
33--37	0,047	0,058	13,56	0,663	0,16	0,106
37--44	0,095	0,209	6,67	0,465	0,35	0,163
44--47	0,129	0,298	12,18	0,628	0,17	0,107
33--43	0,095	0,088	9,33	0,550	0,22	0,121
42--43	0,027	0,012	4,59	0,385	0,53	0,204

APÊNDICE F – Capacidade das sarjetas (tempo de retorno = 5anos)

Em destaque as vazões que superam a capacidade da sarjeta

(Conclusão)

Trecho	Vazão Área Contr.(m ³ /s)		declivid.(%) trecho	Capac. Sarjeta(m ³ /s)		
	Dir.	Esq.		S/ correção	Fat. Redução	C/correção
3--8	0,022	0,025	3,09	0,316	0,71	0,225
9--8	0,023	0,016	1,43	0,215	0,80	0,172
8--7	0,078	0,046	4,36	0,376	0,56	0,210
7--10	0,099	0,060	4,98	0,402	0,48	0,193
11--10	0,051	0,066	0,98	0,178	0,80	0,142
10--13	0,122	0,193	7,15	0,481	0,32	0,154
14--13	0,043	0,053	1,83	0,243	0,80	0,195
13--17	0,151	0,310	10,98	0,596	0,18	0,107
18--17	0,061	0,074	2,88	0,305	0,73	0,223
17--20	0,177	0,464	11,09	0,600	0,18	0,108
21--20	0,067	0,074	3,46	0,335	0,67	0,224
20--23	0,177	0,618	11,25	0,604	0,18	0,109
24--23	0,074	0,075	3,21	0,323	0,70	0,226
23--26	0,177	0,780	12,62	0,639	0,16	0,102
27--26	0,071	0,076	3,80	0,351	0,62	0,217
26--30	0,177	0,939	11,75	0,617	0,17	0,105
31--30	0,078	0,072	3,15	0,319	0,70	0,223
30--34	0,177	1,100	10,95	0,596	0,18	0,107
35--34	0,075	0,074	2,46	0,282	0,72	0,203
34--38	0,177	1,259	14,34	0,682	0,14	0,095
39--38	0,082	0,072	2,96	0,310	0,71	0,220
38--41	0,177	1,424	12,93	0,647	0,16	0,104
42--41	0,077	0,099	2,07	0,259	0,80	0,207
41--45	0,177	1,631	13,17	0,653	0,16	0,105
46--47	0,493	0,000	0,35	0,106	0,35	0,037
46--45	1,743	0,067	2,75	0,299	0,73	0,218

APÊNDICE G–Cálculo da vazão pelo método racional (Tempo de retorno =10 anos)

(Continua)

Trecho	lograd.	Área de contrib.		Q(vazão m ³ /s)	
		Dir.	Esq.	Dir.	Esq.
1--2	Rua V. Semionato	0,00	407,78	0,000	0,008
2--3	Rua V. Semionato	2959,00	3360,93	0,061	0,069
3--5	Rua V. Semionato	5014,80	5242,80	0,103	0,108
5--6	Rua V. Semionato	6622,77	6677,40	0,136	0,137
6--12	Rua V. Semionato	8230,08	8056,05	0,169	0,166
12--16	Rua V. Semionato	10324,79	11186,27	0,213	0,230
16--20	Rua J. de Andrade	0,00	22573,21	0,000	0,465
1--4	Av um	563,29	1386,80	0,012	0,029
2--4	Rua José adélio	683,67	410,52	0,014	0,008
4--9	Av um	3275,19	4010,80	0,067	0,083
9--11	Av um	4041,58	6887,54	0,083	0,142
11--15	Av um	4765,22	9701,68	0,098	0,200
14--15	Rua três	1527,46	1565,36	0,031	0,032
15--19	Av um	8588,26	12264,28	0,177	0,252
18--19	Rua quatro	1738,06	1648,61	0,036	0,034
19--22	Av um	12815,93	14961,28	0,264	0,308
21--22	Rua cinco	2300,39	2274,32	0,047	0,047
22--25	Av um	18037,35	17444,18	0,371	0,359
24--25	Rua seis	1848,81	1710,00	0,038	0,035
25--28	Av um	22347,13	19712,18	0,460	0,406
27--28	Rua sete	2198,88	2096,64	0,045	0,043
28--32	Av um	27296,75	21051,43	0,562	0,433
31--32	Rua nove	1400,10	1992,72	0,029	0,041
32--36	Av um	31385,84	22677,73	0,646	0,467
35--36	Rua nove	820,39	1069,53	0,017	0,022
36--40	Av um	33986,97	24456,03	0,700	0,503
39--40	Rua dez	382,00	659,70	0,008	0,014
40--42	Av um	35804,77	25774,93	0,737	0,530
42--46	Av um	37377,22	27827,93	0,769	0,573
28--29	Rua treze	591,27	0,00	0,012	0,000
29--33	Rua treze	1257,44	1258,60	0,026	0,026
33--37	Rua treze	2629,23	3254,30	0,054	0,067
37--44	Rua treze	5366,98	11818,65	0,110	0,243
44--47	Rua treze	7300,68	16853,65	0,150	0,347
33--43	Rua doze	5363,42	4965,86	0,110	0,102
42--43	Rua onze	1532,74	681,75	0,032	0,014

APÊNDICE G–Cálculo da vazão pelo método racional (Tempo de retorno =10 anos)

(Conclusão)

Trecho	lograd.	Área de contrib.		Q(vazão m ³ /s)	
		Dir.	Esq.	Dir.	Esq.
3--8	Rua J. A. Sigiani	1255,27	1416,85	0,026	0,029
9--8	Rua um	1300,34	879,40	0,027	0,018
8--7	Rua um	4427,86	2603,80	0,091	0,054
7--10	Rua um	5589,22	3387,97	0,115	0,070
11--10	Rua dois	2904,21	3721,78	0,060	0,077
10--13	Rua um	6867,33	10899,18	0,141	0,224
14--13	Rua três	2408,36	2989,08	0,050	0,062
13--17	Rua um	8542,49	17498,34	0,176	0,360
18--17	Rua quatro	3419,64	4165,88	0,070	0,086
17--20	Rua um	9997,87	26231,13	0,206	0,540
21--20	Rua cinco	3793,68	4181,55	0,078	0,086
20--23	Rua um	9997,87	34928,30	0,206	0,719
24--23	Rua seis	4204,72	4236,97	0,087	0,087
23--26	Rua um	9997,87	44076,52	0,206	0,907
27--26	Rua sete	4012,78	4290,03	0,083	0,088
26--30	Rua um	9997,87	53063,20	0,206	1,092
31--30	Rua oito	4411,52	4068,21	0,091	0,084
30--34	Rua um	9997,87	62142,93	0,206	1,279
35--34	Rua nove	4210,85	4184,09	0,087	0,086
34--38	Rua um	9997,87	71177,24	0,206	1,465
39--38	Rua dez	4618,67	4068,34	0,095	0,084
38--41	Rua um	9997,87	80470,34	0,206	1,656
42--41	Rua onze	4370,58	5605,63	0,090	0,115
41--45	Rua um	9997,87	92152,25	0,206	1,897
46--47	R. Abraão Caineli	3707,83	0,00	0,076	0,000
46--45	R. Abraão Caineli	9123,24	3791,90	0,188	0,078

APÊNDICE H –Capacidade das sarjetas (tempo de retorno =10 anos)

Em destaque as vazões que superam a capacidade da sarjeta

(Continua)

Trecho	Vazão Área Contr.(m³/s)		declivid.(%) trecho	Capac. Sarjeta(m³/s)		
	Dir.	Esq.		S/ correção	F. Redução	C/correção
1--2	0,000	0,008	3,91	0,356	0,60	0,214
2--3	0,061	0,069	10,15	0,574	0,20	0,115
3--5	0,103	0,108	7,50	0,493	0,30	0,148
5--6	0,136	0,137	8,75	0,532	0,23	0,122
6--12	0,169	0,166	3,70	0,346	0,65	0,225
12--16	0,213	0,230	8,72	0,531	0,25	0,133
16--20	0,000	0,465	8,05	0,511	0,27	0,138
1--4	0,012	0,029	7,56	0,495	0,29	0,144
2--4	0,014	0,008	8,04	0,510	0,27	0,138
4--9	0,067	0,083	7,74	0,501	0,28	0,140
9--11	0,083	0,142	9,85	0,565	0,21	0,119
11--15	0,098	0,200	9,52	0,555	0,22	0,122
14--15	0,031	0,032	1,92	0,249	0,80	0,199
15--19	0,177	0,252	10,80	0,591	0,18	0,106
18--19	0,036	0,034	2,57	0,288	0,75	0,216
19--22	0,264	0,308	12,46	0,635	0,17	0,108
21--22	0,047	0,047	3,05	0,314	0,71	0,223
22--25	0,371	0,359	12,26	0,630	0,17	0,107
24--25	0,038	0,035	3,16	0,320	0,70	0,224
25--28	0,460	0,406	5,81	0,434	0,42	0,182
27--28	0,045	0,043	4,27	0,372	0,57	0,212
28--32	0,562	0,433	9,35	0,551	0,22	0,121
31--32	0,029	0,041	3,54	0,339	0,65	0,220
32--36	0,646	0,467	10,00	0,569	0,20	0,114
35--36	0,017	0,022	2,93	0,308	0,72	0,222
36--40	0,700	0,503	11,30	0,605	0,18	0,109
39--40	0,008	0,014	3,05	0,314	0,71	0,223
40--42	0,737	0,530	12,68	0,641	0,16	0,103
42--46	0,769	0,573	14,59	0,687	0,15	0,103
28--29	0,012	0,000	9,85	0,565	0,21	0,119
29--33	0,026	0,026	11,76	0,617	0,17	0,105
33--37	0,054	0,067	13,56	0,663	0,16	0,106
37--44	0,110	0,243	6,67	0,465	0,35	0,163
44--47	0,150	0,347	12,18	0,628	0,17	0,107
33--43	0,110	0,102	9,33	0,550	0,22	0,121
42--43	0,032	0,014	4,59	0,385	0,53	0,204

APÊNDICE H –Capacidade das sarjetas (tempo de retorno =10 anos)

Em destaque as vazões que superam a capacidade da sarjeta

(Conclusão)

Trecho	Vazão Área Contr.(m ³ /s)		declivid.(%) trecho	Capac. Sarjeta(m ³ /s)		
	Dir.	Esq.		S/ correção	Fat. Redução	C/correção
3--8	0,026	0,029	3,09	0,316	0,71	0,225
9--8	0,027	0,018	1,43	0,215	0,80	0,172
8--7	0,091	0,054	4,36	0,376	0,56	0,210
7--10	0,115	0,070	4,98	0,402	0,48	0,193
11--10	0,060	0,077	0,98	0,178	0,80	0,142
10--13	0,141	0,224	7,15	0,481	0,32	0,154
14--13	0,050	0,062	1,83	0,243	0,80	0,195
13--17	0,176	0,360	10,98	0,596	0,18	0,107
18--17	0,070	0,086	2,88	0,305	0,73	0,223
17--20	0,206	0,540	11,09	0,600	0,18	0,108
21--20	0,078	0,086	3,46	0,335	0,67	0,224
20--23	0,206	0,719	11,25	0,604	0,18	0,109
24--23	0,087	0,087	3,21	0,323	0,70	0,226
23--26	0,206	0,907	12,62	0,639	0,16	0,102
27--26	0,083	0,088	3,80	0,351	0,62	0,217
26--30	0,206	1,092	11,75	0,617	0,17	0,105
31--30	0,091	0,084	3,15	0,319	0,70	0,223
30--34	0,206	1,279	10,95	0,596	0,18	0,107
35--34	0,087	0,086	2,46	0,282	0,72	0,203
34--38	0,206	1,465	14,34	0,682	0,14	0,095
39--38	0,095	0,084	2,96	0,310	0,71	0,220
38--41	0,206	1,656	12,93	0,647	0,16	0,104
42--41	0,090	0,115	2,07	0,259	0,80	0,207
41--45	0,206	1,897	13,17	0,653	0,16	0,105
46--47	0,573	0,000	0,35	0,106	0,35	0,037
46--45	2,027	0,078	2,75	0,299	0,73	0,218

APÊNDICE I –Projeto A (tempo de retorno =10 anos)

(Continua)

Trecho	compr. (m)	Degrau (m)	ø (mm)	Cota do Terreno (m)		cota assentamento (m)	
				mont	jus	mont	Jus
9--11	46,8	0	400	932,016	926,478	930,516	924,978
11--15	54,0	0	400	926,478	918,831	924,978	917,331
15-19	54,0	0	400	918,831	913,303	917,331	911,803
19--22	54,0	1,5	600	913,303	906,848	910,303	905,348
22--25	54,0	1	600	906,848	901,517	904,348	900,017
25--28	54,0	1,5	600	901,517	896,160	898,517	894,660
28--32	56,8	0	600	896,160	892,526	894,660	891,026
32--36	56,8	1,5	600	892,526	884,970	889,526	883,470
36--40	56,8	1,5	600	884,970	876,845	881,970	875,345
40--42	55,8	1,5	600	876,845	868,495	873,845	866,995
42--46	74,1	1,3	800	868,495	857,600	865,695	855,700
33-33a	97,7	0	400	886,864	878,595	885,364	877,095
33a--43	97,7	0	400	878,595	870,367	877,095	868,867
43--43a	28,4	0	400	870,367	869,431	868,867	867,931
43a--42	28,4	0	400	869,431	868,495	867,931	866,995
37--37a	55,0	0	400	872,800	868,660	871,300	867,160
37a--44	34,3	0	400	868,660	866,141	867,160	864,641
44--47	53,9	1,5	400	866,141	858,400	863,141	856,900
7--10	59,5	0	400	931,553	928,473	930,053	926,973
10--13	64,8	0	400	928,473	921,900	926,973	920,400
13--17	64,8	0,5	400	921,900	914,465	919,900	912,965
17--20	68,4	1,5	600	914,465	905,100	911,465	903,600
12--16	54,3	0	400	908,500	906,700	907,000	905,200
16-20	54,2	0	400	906,700	905,100	905,200	903,600
20--23	53,2	1,5	600	905,100	899,831	902,100	898,331
23--26	54,0	1,5	600	899,831	893,833	896,831	892,333
26--30	54,0	1,5	600	893,833	887,989	890,833	886,489
30--34	54,0	0	600	887,989	881,998	886,489	880,498
34--38	54,0	0	600	881,998	875,561	880,498	874,061
38--41	53,0	0	600	875,561	867,398	874,061	865,698
41--41a	46,6	1,5	800	867,398	859,740	864,198	857,840
41a--45	47,1	1,5	800	859,740	852,000	856,340	850,100
47---47a	29,1	0	600	858,400	857,900	856,700	856,200
47a--46	117,0	0	800	857,900	857,600	856,000	855,700
46-46a	75,1	0	1000	857,600	856,800	855,500	854,700
46a--45	84,5	1,4	1000	856,800	852,000	853,300	849,900
45--48	70,0	1,1	1200	852,000	849,500	848,800	847,000

APÊNDICE I –Projeto A (tempo de retorno =10 anos)

(Continuação)

Trecho	ø (mm)	Recobrimento do tubo (m)		Profundidade da vala (m)		Inclinação	
		Montante	Jusante	Montante	Jusante	Via	Galeria
9--11	400	1,0	1,0	1,5	1,5	11,83%	11,83%
11--15	400	1,0	1,0	1,5	1,5	14,16%	14,16%
15-19	400	1,0	1,0	1,5	1,5	10,24%	10,24%
19--22	600	2,3	0,8	3,0	1,5	11,95%	9,18%
22--25	600	1,8	0,8	2,5	1,5	9,87%	8,02%
25--28	600	2,3	0,8	3,0	1,5	9,92%	7,14%
28--32	600	0,8	0,8	1,5	1,5	6,40%	6,40%
32--36	600	2,3	0,8	3,0	1,5	13,30%	10,66%
36--40	600	2,3	0,8	3,0	1,5	14,30%	11,66%
40--42	600	2,3	0,8	3,0	1,5	14,96%	12,28%
42--46	800	1,9	1,0	2,8	1,9	14,70%	13,49%
33-33a	400	1,0	1,0	1,5	1,5	8,46%	8,46%
33a--43	400	1,0	1,0	1,5	1,5	8,42%	8,42%
43--43a	400	1,0	1,0	1,5	1,5	3,30%	3,30%
43a--42	400	1,0	1,0	1,5	1,5	3,30%	3,30%
37--37a	400	1,0	1,0	1,5	1,5	7,53%	7,53%
37a--44	400	1,0	1,0	1,5	1,5	7,34%	7,34%
44--47	400	2,5	1,0	3,0	1,5	14,36%	11,58%
7--10	400	1,0	1,0	1,5	1,5	5,18%	5,18%
10--13	400	1,0	1,0	1,5	1,5	10,14%	10,14%
13--17	400	1,5	1,0	2,0	1,5	11,47%	10,70%
17--20	600	2,3	0,8	3,0	1,5	13,69%	11,50%
12--16	400	1,0	1,0	1,5	1,5	3,31%	3,31%
16-20	400	1,0	1,0	1,5	1,5	2,95%	2,95%
20--23	600	2,3	0,8	3,0	1,5	9,90%	7,08%
23--26	600	2,3	0,8	3,0	1,5	11,11%	8,33%
26--30	600	2,3	0,8	3,0	1,5	10,82%	8,04%
30--34	600	0,8	0,8	1,5	1,5	11,09%	11,09%
34--38	600	0,8	0,8	1,5	1,5	11,92%	11,92%
38--41	600	0,8	1,0	1,5	1,7	15,40%	15,78%
41--41a	800	2,3	1,0	3,2	1,9	16,43%	13,64%
41a--45	800	2,5	1,0	3,4	1,9	16,43%	13,25%
47---47a	600	1,0	1,0	1,7	1,7	1,72%	1,72%
47a--46	800	1,0	1,0	1,9	1,9	0,26%	0,26%
46-46a	1000	1,0	1,0	2,1	2,1	1,07%	1,07%
46a--45	1000	2,4	1,0	3,5	2,1	5,68%	4,02%
45--48	1200	1,9	1,2	3,2	2,5	3,57%	2,57%

APÊNDICE I –Projeto A (tempo de retorno =10 anos)

(Conclusão)

Trecho	Ø (mm)	q vazão (m ³ /s)	veloc. Plena (m/s)	vazão plena (m ³ /s)	q/Qo	y/d	r/Ro	Raio Hidr. Corrigido (m)	Velocid. Corrig. (m/s)
9--11	400	0,225	4,63	0,58	0,39	0,43	0,90	0,09	4,32
11--15	400	0,298	5,07	0,64	0,47	0,48	0,97	0,10	4,97
15-19	400	0,429	4,31	0,54	0,79	0,68	1,17	0,12	4,78
19--22	600	0,572	5,34	1,51	0,38	0,43	0,90	0,14	4,98
22--25	600	0,73	5,00	1,41	0,52	0,51	1,01	0,15	5,03
25--28	600	0,866	4,72	1,33	0,65	0,59	1,10	0,17	5,02
28--32	600	0,995	4,46	1,26	0,79	0,67	1,17	0,18	4,96
32--36	600	1,113	5,76	1,63	0,68	0,61	1,12	0,17	6,21
36--40	600	1,203	6,03	1,70	0,71	0,62	1,13	0,17	6,54
40--42	600	1,267	6,18	1,75	0,72	0,63	1,14	0,17	6,75
42--46	800	1,49	7,85	3,95	0,38	0,43	0,90	0,18	7,32
33-33a	400	0,132	3,92	0,49	0,27	0,35	0,77	0,08	3,29
33a--43	400	0,209	3,91	0,49	0,43	0,46	0,95	0,10	3,78
43--43a	400	0,232	2,45	0,31	0,75	0,65	1,15	0,12	2,69
43a--42	400	0,256	2,45	0,31	0,83	0,70	1,18	0,12	2,73
37--37a	400	0,226	3,70	0,46	0,49	0,49	0,99	0,10	3,67
37a--44	400	0,353	3,65	0,46	0,77	0,66	1,16	0,12	4,03
44--47	400	0,497	4,58	0,58	0,86	0,72	1,19	0,12	5,15
7--10	400	0,185	3,06	0,38	0,48	0,49	0,99	0,10	3,04
10--13	400	0,365	4,29	0,54	0,68	0,60	1,11	0,11	4,60
13--17	400	0,536	4,41	0,55	0,97	0,79	1,22	0,12	5,03
17--20	600	0,746	5,98	1,69	0,44	0,44	0,92	0,14	5,66
12--16	400	0,11	2,45	0,31	0,36	0,41	0,87	0,09	2,23
16-20	400	0,129	2,31	0,29	0,44	0,47	0,96	0,10	2,25
20--23	600	0,925	4,70	1,33	0,70	0,61	1,12	0,17	5,06
23--26	600	1,113	5,09	1,44	0,77	0,66	1,16	0,17	5,62
26--30	600	1,298	5,00	1,41	0,92	0,75	1,21	0,18	5,68
30--34	600	1,485	5,88	1,66	0,89	0,74	1,20	0,18	6,64
34--38	600	1,671	6,09	1,72	0,97	0,79	1,22	0,18	6,96
38--41	600	1,862	7,01	1,98	0,94	0,49	0,99	0,15	6,96
41--41a	800	2,102	7,90	3,97	0,53	0,52	1,02	0,20	8,00
41a--45	800	2,102	7,78	3,91	0,54	0,52	1,02	0,20	7,88
47--47a	600	0,52	2,31	0,65	0,80	0,67	1,17	0,18	2,57
47a--46	800	0,52	1,08	0,54	0,96	0,78	1,21	0,24	1,23
46-46a	1000	2,01	2,56	2,01	1,00	0,82	1,22	0,31	2,92
46a--45	1000	2,01	4,98	3,91	0,51	0,51	1,01	0,25	5,01
45--48	1200	4,1	4,49	5,08	0,81	0,68	1,17	0,35	4,99

APÊNDICE J –Projeto B (tempo de retorno =10 anos)

(Continua)

Trecho	compr. (m)	Degrau (m)	ø (mm)	Cota do Terreno (m)		cota assentamento (m)	
				mont	jus	mont	Jus
9--11	46,8	-	400	932,016	926,478	930,516	924,978
11--15	54,0	-	400	926,478	918,831	924,978	917,331
15-19	54,0	-	400	918,831	913,303	917,331	911,803
19--22	54,0	-	600	913,303	906,848	911,803	905,348
22--25	54,0	-	600	906,848	901,517	905,348	900,017
25--28	54,0	-	600	901,517	896,160	900,017	894,660
28--32	56,8	-	600	896,160	892,526	894,660	891,026
32--36	56,8	-	600	892,526	884,970	891,026	883,470
36--40	56,8	-	600	884,970	876,845	883,470	875,345
40--42	55,8	-	600	876,845	868,495	875,345	866,995
42--46	74,1	-	800	868,495	857,600	866,995	855,700
33-33a	97,7	-	400	886,864	878,595	885,364	877,095
33a--43	97,7	-	400	878,595	870,367	877,095	868,867
43--43a	28,4	-	400	870,367	869,431	868,867	867,931
43a--42	28,4	-	400	869,431	868,495	867,931	866,995
37--37a	55,0	-	400	872,800	868,660	871,300	867,160
37a--44	34,3	-	400	868,660	866,141	867,160	864,641
44--47	53,9	-	400	866,141	858,400	864,641	856,900
7--10	59,5	-	400	931,553	928,473	930,053	926,973
10--13	64,8	-	400	928,473	921,900	926,973	920,400
13--17	64,8	-	400	921,900	914,465	920,400	912,965
17--20	68,4	-	600	914,465	905,100	912,965	903,600
12--16	54,3	-	400	908,500	906,700	907,000	905,200
16-20	54,2	-	400	906,700	905,100	905,200	903,600
20--23	53,2	-	600	905,100	899,831	903,600	898,331
23--26	54,0	-	600	899,831	893,833	898,331	892,333
26--30	54,0	-	600	893,833	887,989	892,333	886,489
30--34	54,0	-	600	887,989	881,998	886,489	880,498
34--38	54,0	-	600	881,998	875,561	880,498	874,061
38--41	53,0	-	600	875,561	867,398	874,061	865,698
41--41a	46,6	1,5	800	867,398	859,740	864,198	857,840
41a--45	47,1	1,4	800	859,740	852,000	856,440	850,100
47---47a	29,1	-	600	858,400	857,900	856,700	856,200
47a--46	117,0	-	800	857,900	857,600	856,000	855,700
46-46a	75,1	-	1000	857,600	856,800	855,500	854,700
46a--45	84,5	-	1000	856,800	852,000	854,700	849,900
45--48	70,0	-	1200	852,000	849,500	849,900	847,000

APÊNDICE J –Projeto B (tempo de retorno =10 anos)

(Continuação)

Trecho	Ø (mm)	Recobrimento do tubo (m)		Profundidade da vala (m)		Inclinação	
		Montante	Jusante	Montante	Jusante	Via	Galeria
9--11	400	1,0	1,0	1,5	1,5	11,83%	11,83%
11--15	400	1,0	1,0	1,5	1,5	14,16%	14,16%
15-19	400	1,0	1,0	1,5	1,5	10,24%	10,24%
19--22	600	0,8	0,8	1,5	1,5	11,95%	11,95%
22--25	600	0,8	0,8	1,5	1,5	9,87%	9,87%
25--28	600	0,8	0,8	1,5	1,5	9,92%	9,92%
28--32	600	0,8	0,8	1,5	1,5	6,40%	6,40%
32--36	600	0,8	0,8	1,5	1,5	13,30%	13,30%
36--40	600	0,8	0,8	1,5	1,5	14,30%	14,30%
40--42	600	0,8	0,8	1,5	1,5	14,96%	14,96%
42--46	800	0,6	1,0	1,5	1,9	14,70%	15,24%
33-33a	400	1,0	1,0	1,5	1,5	8,46%	8,46%
33a--43	400	1,0	1,0	1,5	1,5	8,42%	8,42%
43--43a	400	1,0	1,0	1,5	1,5	3,30%	3,30%
43a--42	400	1,0	1,0	1,5	1,5	3,30%	3,30%
37--37a	400	1,0	1,0	1,5	1,5	7,53%	7,53%
37a--44	400	1,0	1,0	1,5	1,5	7,34%	7,34%
44--47	400	1,0	1,0	1,5	1,5	14,36%	14,36%
7--10	400	1,0	1,0	1,5	1,5	5,18%	5,18%
10--13	400	1,0	1,0	1,5	1,5	10,14%	10,14%
13--17	400	1,0	1,0	1,5	1,5	11,47%	11,47%
17--20	600	0,8	0,8	1,5	1,5	13,69%	13,69%
12--16	400	1,0	1,0	1,5	1,5	3,31%	3,31%
16-20	400	1,0	1,0	1,5	1,5	2,95%	2,95%
20--23	600	0,8	0,8	1,5	1,5	9,90%	9,90%
23--26	600	0,8	0,8	1,5	1,5	11,11%	11,11%
26--30	600	0,8	0,8	1,5	1,5	10,82%	10,82%
30--34	600	0,8	0,8	1,5	1,5	11,09%	11,09%
34--38	600	0,8	0,8	1,5	1,5	11,92%	11,92%
38--41	600	0,8	1,0	1,5	1,7	15,40%	15,78%
41--41a	800	2,3	1,0	3,2	1,9	16,43%	13,64%
41a--45	800	2,4	1,0	3,3	1,9	16,43%	13,46%
47---47a	600	1,0	1,0	1,7	1,7	1,72%	1,72%
47a--46	800	1,0	1,0	1,9	1,9	0,26%	0,26%
46-46a	1000	1,0	1,0	2,1	2,1	1,07%	1,07%
46a--45	1000	1,0	1,0	2,1	2,1	5,68%	5,68%
45--48	1200	0,8	1,2	2,1	2,5	3,57%	4,14%

APÊNDICE J –Projeto B (tempo de retorno =10 anos)

(Conclusão)

Trecho	Ø (mm)	q vazão (m ³ /s)	veloc. Plena (m/s)	vazão plena (m ³ /s)	q/Qo	y/d	r/Ro	Raio Hidr. Corrigido (m)	Velocid. Corrig. (m/s)
9--11	400	0,225	4,63	0,58	0,39	0,43	0,90	0,09	4,32
11--15	400	0,298	5,07	0,64	0,47	0,48	0,97	0,10	4,97
15-19	400	0,429	4,31	0,54	0,79	0,68	1,17	0,12	4,78
19--22	600	0,572	6,10	1,72	0,33	0,43	0,90	0,14	5,69
22--25	600	0,73	5,54	1,57	0,47	0,48	0,97	0,15	5,43
25--28	600	0,866	5,56	1,57	0,55	0,53	1,04	0,16	5,70
28--32	600	0,995	4,46	1,26	0,79	0,67	1,17	0,18	4,96
32--36	600	1,113	6,44	1,82	0,61	0,57	1,08	0,16	6,77
36--40	600	1,203	6,67	1,89	0,64	0,58	1,09	0,16	7,07
40--42	600	1,267	6,83	1,93	0,66	0,59	1,10	0,17	7,27
42--46	800	1,49	8,35	4,19	0,36	0,41	0,87	0,17	7,61
33-33a	400	0,132	3,92	0,49	0,27	0,35	0,77	0,08	3,29
33a--43	400	0,209	3,91	0,49	0,43	0,46	0,95	0,10	3,78
43--43a	400	0,232	2,45	0,31	0,75	0,65	1,15	0,12	2,69
43a--42	400	0,256	2,45	0,31	0,83	0,70	1,18	0,12	2,73
37--37a	400	0,226	3,70	0,46	0,49	0,49	0,99	0,10	3,67
37a--44	400	0,353	3,65	0,46	0,77	0,66	1,16	0,12	4,03
44--47	400	0,497	5,10	0,64	0,78	0,66	1,16	0,12	5,63
7--10	400	0,185	3,06	0,38	0,48	0,49	0,99	0,10	3,04
10--13	400	0,365	4,29	0,54	0,68	0,60	1,11	0,11	4,60
13--17	400	0,536	4,56	0,57	0,94	0,79	1,22	0,12	5,21
17--20	600	0,746	6,53	1,85	0,40	0,44	0,92	0,14	6,18
12--16	400	0,11	2,45	0,31	0,36	0,41	0,87	0,09	2,23
16-20	400	0,129	2,31	0,29	0,44	0,47	0,96	0,10	2,25
20--23	600	0,925	5,55	1,57	0,59	0,55	1,06	0,16	5,77
23--26	600	1,113	5,88	1,66	0,67	0,66	1,16	0,17	6,49
26--30	600	1,298	5,80	1,64	0,79	0,67	1,17	0,18	6,45
30--34	600	1,485	5,88	1,66	0,89	0,74	1,20	0,18	6,64
34--38	600	1,671	6,09	1,72	0,97	0,79	1,22	0,18	6,96
38--41	600	1,862	7,01	1,98	0,94	0,77	1,21	0,18	7,96
41--41a	800	2,102	7,90	3,97	0,53	0,52	1,02	0,20	8,00
41a--45	800	2,102	7,84	3,94	0,53	0,52	1,02	0,20	7,95
47---47a	600	0,52	2,31	0,65	0,80	0,67	1,17	0,18	2,57
47a--46	800	0,52	1,08	0,54	0,96	0,78	1,21	0,24	1,23
46-46a	1000	2,01	2,56	2,01	1,00	0,82	1,22	0,31	2,92
46a--45	1000	2,01	5,91	4,64	0,43	0,46	0,95	0,24	5,71
45--48	1200	4,1	5,70	6,45	0,64	0,58	1,09	0,33	6,04

APÊNDICE K –Projeto C (tempo de retorno =10 anos)

(Continua)

Trecho	compr. (m)	Degrau (m)	ø (mm)	Cota do Terreno (m)		cota assentamento (m)	
				mont	jus	mont	Jus
9--11	46,8	-	400	932,016	926,478	930,516	924,978
11--15	54,0	-	400	926,478	918,831	924,978	917,331
15-19	54,0	-	400	918,831	913,303	917,331	911,803
19--22	54,0	1,5	600	913,303	906,848	910,303	905,148
22--25	54,0	1,0	600	906,848	901,517	904,148	899,817
25--28	54,0	1,5	600	901,517	896,160	898,317	894,460
28--32	56,8	-	600	896,160	892,526	894,460	890,826
32--36	56,8	4,0	600	892,526	884,970	886,826	883,270
36--40	56,8	4,6	600	884,970	876,845	878,670	875,145
40--42	55,8	5,5	800	876,845	868,495	869,645	866,595
42--46	74,1	7,6	800	868,495	857,600	858,995	855,700
33-33a	97,7	-	400	886,864	878,595	885,364	877,095
33a--43	97,7	-	400	878,595	870,367	877,095	868,867
43--43a	28,4	-	400	870,367	869,431	868,867	867,931
43a--42	28,4	-	400	869,431	868,495	867,931	866,995
37--37a	55,0	-	400	872,800	868,660	871,300	867,160
37a--44	34,3	-	400	868,660	866,141	867,160	864,641
44--47	53,9	1,9	400	866,141	858,400	862,741	856,900
7--10	59,5	-	400	931,553	928,473	930,053	926,973
10--13	64,8	-	400	928,473	921,900	926,973	920,400
13--17	64,8	0,5	400	921,900	914,465	919,900	912,965
17--20	68,4	4,2	600	914,465	905,100	908,765	903,400
12--16	54,3	-	400	908,500	906,700	907,000	905,200
16-20	54,2	-	400	906,700	905,100	905,200	903,600
20--23	53,2	1,8	600	905,100	899,831	901,800	898,131
23--26	54,0	2,6	600	899,831	893,833	895,531	892,133
26--30	54,0	3,1	800	893,833	887,989	889,033	886,089
30--34	54,0	3,3	800	887,989	881,998	882,789	880,098
34--38	54,0	4,0	800	881,998	875,561	876,098	873,661
38--41	53,0	5,9	800	875,561	867,398	867,761	865,498
41--41a	46,6	5,9	800	867,398	859,740	859,598	857,840
41a--45	47,1	5,8	800	859,740	852,000	852,040	850,100
47---47a	29,1	-	600	858,400	857,900	856,700	856,200
47a--46	117,0	-	800	857,900	857,600	856,000	855,700
46-46a	75,1	-	1000	857,600	856,800	855,500	854,700
46a--45	84,5	1,4	1000	856,800	852,000	853,300	849,900
45--48	70,0	1,1	1200	852,000	849,500	848,800	847,000

APÊNDICE K –Projeto C (tempo de retorno =10 anos)

(Continuação)

Trecho	Ø (mm)	Recobrimento do tubo (m)		Profundidade da vala (m)		Inclinação	
		Montante	Jusante	Montante	Jusante	Via	Galeria
9--11	400	1,0	1,0	1,5	1,5	11,83%	11,83%
11--15	400	1,0	1,0	1,5	1,5	14,16%	14,16%
15-19	400	1,0	1,0	1,5	1,5	10,24%	10,24%
19--22	600	2,3	1,0	3,0	1,7	11,95%	9,55%
22--25	600	2,0	1,0	2,7	1,7	9,87%	8,02%
25--28	600	2,5	1,0	3,2	1,7	9,92%	7,14%
28--32	600	1,0	1,0	1,7	1,7	6,40%	6,40%
32--36	600	5,0	1,0	5,7	1,7	13,30%	6,26%
36--40	600	5,6	1,0	6,3	1,7	14,30%	6,21%
40--42	800	6,3	1,0	7,2	1,9	14,96%	5,47%
42--46	800	8,6	1,0	9,5	1,9	14,70%	4,45%
33-33a	400	1,0	1,0	1,5	1,5	8,46%	8,46%
33a--43	400	1,0	1,0	1,5	1,5	8,42%	8,42%
43--43a	400	1,0	1,0	1,5	1,5	3,30%	3,30%
43a--42	400	1,0	1,0	1,5	1,5	3,30%	3,30%
37--37a	400	1,0	1,0	1,5	1,5	7,53%	7,53%
37a--44	400	1,0	1,0	1,5	1,5	7,34%	7,34%
44--47	400	2,9	1,0	3,4	1,5	14,36%	10,84%
7--10	400	1,0	1,0	1,5	1,5	5,18%	5,18%
10--13	400	1,0	1,0	1,5	1,5	10,14%	10,14%
13--17	400	1,5	1,0	2,0	1,5	11,47%	10,70%
17--20	600	5,0	1,0	5,7	1,7	13,69%	7,84%
12--16	400	1,0	1,0	1,5	1,5	3,31%	3,31%
16-20	400	1,0	1,0	1,5	1,5	2,95%	2,95%
20--23	600	2,6	1,0	3,3	1,7	9,90%	6,90%
23--26	600	3,6	1,0	4,3	1,7	11,11%	6,29%
26--30	800	3,9	1,0	4,8	1,9	10,82%	5,45%
30--34	800	4,3	1,0	5,2	1,9	11,09%	4,98%
34--38	800	5,0	1,0	5,9	1,9	11,92%	4,51%
38--41	800	6,9	1,0	7,8	1,9	15,40%	4,27%
41--41a	800	6,9	1,0	7,8	1,9	16,43%	3,77%
41a--45	800	6,8	1,0	7,7	1,9	16,43%	4,12%
47--47a	600	1,0	1,0	1,7	1,7	1,72%	1,72%
47a--46	800	1,0	1,0	1,9	1,9	0,26%	0,26%
46-46a	1000	1,0	1,0	2,1	2,1	1,07%	1,07%
46a--45	1000	2,4	1,0	3,5	2,1	5,68%	4,02%
45--48	1200	1,9	1,2	3,2	2,5	3,57%	2,57%

APÊNDICE K –Projeto C (tempo de retorno =10 anos)

(Conclusão)

Trecho	Ø (mm)	q vazão (m ³ /s)	veloc. Plena (m/s)	vazão plena (m ³ /s)	q/Qo	y/d	r/Ro	Raio Hidr. Corrigido (m)	Velocid. Corrig. (m/s)
9--11	400	0,225	4,63	0,58	0,39	0,43	0,90	0,09	4,32
11--15	400	0,298	5,07	0,64	0,47	0,48	0,97	0,10	4,97
15-19	400	0,429	4,31	0,54	0,79	0,68	1,17	0,12	4,78
19--22	600	0,572	5,45	1,54	0,37	0,42	0,89	0,13	5,04
22--25	600	0,73	5,00	1,41	0,52	0,51	1,01	0,15	5,03
25--28	600	0,866	4,72	1,33	0,65	0,59	1,10	0,17	5,02
28--32	600	0,995	4,46	1,26	0,79	0,67	1,17	0,18	4,96
32--36	600	1,113	4,41	1,25	0,89	0,74	1,20	0,18	4,99
36--40	600	1,203	4,40	1,24	0,97	0,79	1,22	0,18	5,02
40--42	800	1,267	5,00	2,51	0,50	0,50	1,00	0,20	5,00
42--46	800	1,49	4,51	2,27	0,66	0,57	1,08	0,22	4,74
33-33a	400	0,132	3,92	0,49	0,27	0,35	0,77	0,08	3,29
33a--43	400	0,209	3,91	0,49	0,43	0,46	0,95	0,10	3,78
43--43a	400	0,232	2,45	0,31	0,75	0,65	1,15	0,12	2,69
43a--42	400	0,256	2,45	0,31	0,83	0,70	1,18	0,12	2,73
37--37a	400	0,226	3,70	0,46	0,49	0,49	0,99	0,10	3,67
37a--44	400	0,353	3,65	0,46	0,77	0,66	1,16	0,12	4,03
44--47	400	0,497	4,43	0,56	0,89	0,74	1,20	0,12	5,01
7--10	400	0,185	3,06	0,38	0,48	0,49	0,99	0,10	3,04
10--13	400	0,365	4,29	0,54	0,68	0,60	1,11	0,11	4,60
13--17	400	0,536	4,41	0,55	0,97	0,79	1,22	0,12	5,03
17--20	600	0,746	4,94	1,40	0,53	0,52	1,02	0,15	5,01
12--16	400	0,11	2,45	0,31	0,36	0,41	0,87	0,09	2,23
16-20	400	0,129	2,31	0,29	0,44	0,47	0,96	0,10	2,25
20--23	600	0,925	4,63	1,31	0,71	0,62	1,13	0,17	5,03
23--26	600	1,113	4,43	1,25	0,89	0,73	1,20	0,18	5,00
26--30	800	1,298	4,99	2,51	0,52	0,51	1,01	0,20	5,02
30--34	800	1,485	4,77	2,40	0,62	0,57	1,08	0,22	5,02
34--38	800	1,671	4,54	2,28	0,73	0,64	1,14	0,23	4,96
38--41	800	1,862	4,42	2,22	0,84	0,70	1,18	0,24	4,93
41--41a	800	2,102	4,15	2,09	1,01	0,78	1,21	0,24	4,71
41a--45	800	2,102	4,34	2,18	0,96	0,79	1,22	0,24	4,95
47---47a	600	0,52	2,31	0,65	0,80	0,67	1,17	0,18	2,57
47a--46	800	0,52	1,08	0,54	0,96	0,78	1,21	0,24	1,23
46-46a	1000	2,01	2,56	2,01	1,00	0,82	1,22	0,31	2,92
46a--45	1000	2,01	4,98	3,91	0,51	0,51	1,01	0,25	5,01
45--48	1200	4,1	4,49	5,08	0,81	0,68	1,17	0,35	4,99

APÊNDICE L – Quantitativos

Comprimento total dos tubos de concreto (m)				
DN	Projeto real	Projeto A	Projeto B	Projeto C
400 mm	970	848	848	848
600 mm	803	808	808	537
800 mm	327	285	285	556
1000 mm	70	160	160	160
1200 mm	0	70	70	70
total (m)	2170	2170	2170	2170

Volume de escavação			
Projeto real	Projeto A	Projeto B	Projeto C
4594,95 m ³	5743,31 m ³	4852,23 m ³	8066,34 m ³

APÊNDICE M – Inserção do degrau no Pv

