

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG

ENGENHARIA CIVIL

KEILA MÁRA MESSIAS

M. CLASS.	M647.42
GUTTER	M.5852
ANO/EDICÃO	2014

PROPOSTAS PARA O CONTROLE DA INUNDAÇÃO À JUSANTE DO
LOTEAMENTO SAGRADO CORAÇÃO I NO MUNICÍPIO DE
VARGINHA - MG

Varginha
2014

FEPESMIG

KEILA MÁRA MESSIAS

**PROPOSTAS PARA O CONTROLE DA INUNDAÇÃO À JUSANTE DO
LOTEAMENTO SAGRADO CORAÇÃO I NO MUNICÍPIO DE
VARGINHA – MG**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil do Centro universitário de Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para a obtenção do grau de bacharel, sob orientação da prof.^a Ma. Ivana Prado de Vasconcelos.

Varginha
2014

KEILA MÁRA MESSIAS

**PROPOSTAS PARA O CONTROLE DA INUNDAÇÃO À JUSANTE DO
LOTEAMENTO SAGRADO CORAÇÃO I NO MUNICÍPIO DE
VARGINHA - MG**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil do Centro universitário di Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para a obtenção do grau de bacharel pela banca Examinadora composta pelos membros: da prof^ª. Me. Ivana Prado de Vasconcelos.

Aprovado em ___/___/___

Prof^ª. Ma. Ivana Prado de Vasconcelos – Orientadora.

Prof. Me. Leopoldo Umberto Ribeiro Júnior

Prof. Me. Roberto Luiz Queiroz.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus que ilumina meu caminho nesta caminhada. Agradeço também à minha família que me dá força e coragem me apoiando nos momentos de dificuldades minha família, à engenheira Márcia Mônica por não medir esforços junto à Prefeitura de Varginha, e agradeço também a todos os professores que me acompanharam durante a graduação, em especial a Prof. Ivana Prado de Vasconcelos responsável pela orientação deste trabalho.

“A natureza nunca quebra as suas leis”
Leonardo da Vinci

RESUMO

Este trabalho aborda a questão da microdrenagem em Varginha- MG. Trata especificamente do trecho à jusante do Loteamento Residencial Sagrado Coração I. Foram discutidos, inicialmente, alguns tópicos referidos à microdrenagem urbana e descreveu-se, em seguida, o diagnóstico do local que por omissão no encaminhamento do fluxo e pelo grande volume de água pluvial, o trecho em questão tem enfrentado problemas de inundação nos dias de maiores precipitações.

Os resultados obtidos mostraram que o número de bocas de lobo executadas no local não são capazes de garantir o escoamento perfeito. Portanto seriam necessários dispositivos auxiliares no loteamento e implantação do sistema de drenagem na avenida onde ocorre o alagamento.

Palavras-chave: Microdrenagem. Vazão. Inundação. Água pluvial.

ABSTRACT

This paper addresses the issue of microdrainage Varginha- in MG. Deals specifically with the downstream reach of the Residential Sacrado Coração I Allotment . Initially, discussed some topics referred to urban microdrainage and described himself then the diagnosis of the site default routing flow and the large volume of rainwater the passage in question has faced flooding problems in the days of increased rainfall.

The results showed that the number of mouths loco performed on site are not able to ensure perfect drainage. Therefore necessary auxiliary devices would be the allotment and implementation of the drainage system on the avenue where the flooding occurs.

Keywords : microdrainage. Flow. Flood. Rainwater.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 : Antes e depois da implantação do bairro Sagrado Coração I	2
Figura 02 : Sarjeta e meio-fio.....	3
Figura 03 : Encontro de ribeirão.....	4
Figura 04 : A) Mau posicionamento da BL. B) BL em boas condições. C) BL dupla tomada pelo mato. D) BL parcialmente obstruída pelo mato e resíduos diversos. E) BL sem condição de uso.....	5
Figura 05 : Gráfico Precipitação Média Acumulada no Período (mm) para município de Cambuquira MG	12
Figura 06 : Seção transversal de uma sarjeta do tipo mista.....	14
Figura 07 : modelo de sarjeta	21
Figura 08 : Posicionamento inadequado de boca de lobo	24
Figura 09 : a) e b) :Avenida Imigrantes	24
Figura 10 : Bacia 2, Jusante.....	25
Figura 11 : Bacia 2,inexistência de dispositivos de drenagem	26
Figura 12 : Rua do Loteamento Sagrado Coração I.....	30
Figura 13 : Cestas acopladas às bocas de lobo	32
Figura 14 : a) Limpeza de galerias por hidrojateamento; b) caminhão de hidrojateamento	33

ANEXOS

Figura 14 : Projeto do sistema de drenagem do loteamento Sagrado Coração I. Trecho C.....	36
Figura 15 : Projeto do sistema de drenagem do loteamento Sagrado Coração I. Trecho B.....	37
Figura 16 : Projeto do sistema de drenagem do loteamento Sagrado Coração I. Trecho AA.....	37
Figura 17 : Projeto do sistema de drenagem do loteamento Sagrado Coração I. Trecho A.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 : Coeficiente de escoamento superficial (runoff) – “C”	10
Tabela 02: Dados da Estação de 1961 a 2010	11
Tabela 03 : Valores para Projetos de Ruas e Avenidas	14
Tabela 04 : Vazões a seção plena de tubos de concreto para águas pluviais conforme a declividade da tubulação	16
Tabela 05: Resumo de áreas do loteamento	18
Tabela 06: Coeficiente de Run off	18
Tabela 07: Determinação do coeficiente médio de Run off	18
Tabela 08: Determinação da vazão das bacias	19
Tabela 09: Determinação da vazão por trechos de contribuição	20
Tabela 10: Dimensionamento de sarjeta	21
Tabela 11: Dimensionamento de galerias	22
Tabela 12: Tubulação Secundária	23
Tabela 13: Dimensionamento de galerias por trechos	23
Tabela 14: Determinação da vazão da bacia 2	26
Tabela 15: Determinação da vazão por trechos de contribuição	26
Tabela 16: Dimensionamento de sarjeta	27
Tabela 17: Dimensionamento de galerias	28
Tabela 18: Tubulação Secundária	28
Tabela 19: Dimensionamento de galerias por trechos	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BL's – Bocas de Lobos

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Descrição geral da área em estudo	2
1.2	Bacia Sagrado Coração	3
2	OBJETIVO	6
2.1	Objetivo Geral:	6
2.2	Objetivo Específico:	6
3	MEMORIAL DESCRITIVO	7
3.1	Urbanização e Drenagem	8
3.2	Caracterização Pluviométrica	10
3.3	Avaliação da compatibilidade da ocupação urbana com os sistemas de microdrenagem	12
3.4	Período de retorno	13
3.5	Altura de água na sarjeta	14
3.6	Fórmula de Manning	15
3.7	Galerias de águas pluviais no Brasil	16
3.8	Aspectos Geoambientais	16
3.9	Componentes do saneamento	17
3.10	Vazão da Bacia Sagrado Coração:	17
4	MEMORIAL DE CÁLCULOS	18
4.1	Comentários e Observações	23
5	CONCLUSÃO	29
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
7	Anexos	36

1 INTRODUÇÃO

O crescimento das cidades acontece na maioria das vezes, próximo às fontes de água, indispensável para a sobrevivência da vida humana. O município de Varginha em Minas Gerais, também os ribeirões foram o berço para o crescimento da área urbana.

O crescimento muitas vezes ocorre sem o devido planejamento, com ocupações muito próximas de áreas com risco de enchentes impossibilitando uma vida harmônica entre população e bacias hidrográficas. Varginha é um exemplo claro disso. Visto que a cidade de repente tornou-se foco de grandes investimentos imobiliários e novos bairros tem surgido em todos os arredores. Neste estudo de caso, é abordado um setor da cidade que vem apresentando um problema com relação ao escoamento da água da chuva. A Avenida dos Imigrantes, próximo ao Centro de Zoonoses de Varginha, situado no bairro da Vargem. Este trabalho tem como alvo fazer propostas para o controle da inundação e acúmulo de sedimentos à jusante do loteamento Sagrado Coração I no referido município.

Segundo o cadastro imobiliário de Varginha, este âmbito da cidade é denominado setor 18. O Setor 18 é composto por 7 loteamentos e por pelo menos 3 bacias hidrográficas. O ribeirão da Vargem é o mesmo corpo receptor de todas essas bacias, porém isso acontece em pontos diferentes.

É importante o planejamento urbano contar com ferramentas, e métodos científicos e tecnológicos que possam ser aplicados, como imagens de satélite, previsões meteorológicas, geoprocessamento, medição pluviométrica, que dentre outras que estão à disposição de profissionais, para uma análise do ciclo hidrológico de cada bacia.

Esta dissertação tem o intuito de ponderar a funcionalidade do sistema de drenagem existente e apresentar propostas de melhoria no trecho descrito, pois com o grande volume de água sobre a via tem causado danos no pavimento, inundação e assoreamento de determinada esquina a jusante do bairro prejudicando moradores que trafegam e moram nas proximidades.

1.1 Descrição geral da área em estudo

O município de Varginha é dividido em setores para o cadastramento imobiliário da Cidade. A área de estudo compreende a bacia do setor 18 situado nos bairros Sagrado Coração I e II, Sete de Outubro, São Miguel Arcanjo e Alto das Figueiras.

Para iniciar o procedimento foi realizado um levantamento Fotográfico, cujo critério de escolha foi focar lugares passíveis de alagamento, dispositivos visualmente deteriorados, em todo loteamento.

A Figura a seguir mostra o antes e depois da implantação do referido loteamento. É importante notar o quanto o solo foi impermeabilizado num intervalo de tempo de aproximadamente 7 anos.



Figura 01: Antes e depois da implantação do bairro Sagrado Coração I.
Fonte: Aplicativo Here Maps (2007) e Google Earth (2014).

Os instrumentos utilizados na pesquisa de campo foram:

- Máquina Fotográfica, para comparar as vias e os dispositivos com problemas com os colocados corretamente;
- Trena, para fazer as medições de bocas-de-lobo e poços de visita;
- Caderno, para anotar os resultados obtidos.

Após a análise da situação, foram obtidos junto à Prefeitura Municipal de Varginha os projetos de Microdrenagem dos novos bairros implantados no setor.

1.2 Bacia Sagrado Coração

A Bacia Sagrado Coração tem a área de 80518,415 m². Ocupação dominante residencial e a taxa de impermeabilização do solo ainda serão adotadas sabendo que predomina o revestimento em asfalto em 100% das vias

O sistema de drenagem de águas pluviais dessa bacia e composto pela pavimentação das ruas, sarjetas, por rede de galerias e finalizada com escadas hidráulicas pluviais.

Em Varginha, adota-se meio-fio na altura de 15 cm. Nos loteamentos Sagrado Coração I e II, Sete de Outubro, a largura da sarjeta varia de 15 a 25 cm conforme a seguir:



Figura 02: Sarjeta e meio-fio
Fonte: Google Earth

É sabido que a bacia foi dividida em 3 escadas pluviais e que o ponto onde se concentra o volume de água que tem causado transtorno na vida do moradores e dos que trafegam por aquele bairro vem da bacia do loteamento Sagrado Coração I.

Consta no projeto que existem 65 BL's no trecho, denominado A, montante do loteamento que em seguida é acrescido de mais 6 pelo trecho A.A ocupando a Escada Pluvial 1. No trecho B, intermediário, são 20 BL's Estes dão origem a escada pluvial 2. Outras 40 BL's do trecho C a jusante, foco do problema é encaminhado para a escada pluvial 3. Todas essas escadas hidráulicas pluviais dissipam a água do lado direito do bairro onde existe a área verde com um córrego de fluxo permanente.

O trecho C está localizado logo acima da Seção de Controle: local por onde toda a água captada na bacia (enxurrada e corpos d'água) é drenada, porém, se a água não é

*BL's – Bocas de Loco

corretamente drenada, ela escorre e se acumula ao lado da seção de controle onde não há declive que possa fazer o encaminhamento até o córrego.

Esta parte a jusante do loteamento não possui dispositivos de drenagem além de sarjetas. Para a surpresa de que vê a situação, existe uma BL com grelha ao lado da ponte, em cima da calçada.

Em entrevista com o morador do local, o Senhor Sebastião de Oliveira, expôs que além deste problema em frente à sua casa, ao fundo o ribeirão já não comporta a vazão e transborda em toda chuva mais forte. Ele propõe que seja feita a limpeza do leito do córrego que com o passar do tempo sofreu grande assoreamento como mostra a Figura 3. Ao lado de sua propriedade acontece o encontro de ribeirões e a vazão é muito alta considerando que está situado à montante do curso d'água dentro do perímetro urbano. O Senhor Sebastião reclama da capacidade de engolimento das BL's existentes, pois conforme as curvas de nível a água desta bacia é toda direcionada para a porta da sua casa onde não existe nenhuma forma de captação e transporte desta água até o córrego ao lado de sua propriedade.



Figura 3: Encontro de ribeirões.
Fonte: própria

Este ribeirão ainda terá de atravessar a cidade até chegar ao Rio Verde. Este ribeirão é famoso por provocar alagamento onde a seção é diminuída, sendo tema de muitos projetos de alunos do curso de Engenharia Civil do UNIS MG.

O fato das BL's não conseguirem captar todo fluxo, é porque o loteamento é novo e com isso ocorre que muitas das novas construções não fazem o armazenamento adequado dos materiais como brita, areia e entulho. Este material fica na sarjeta e é

carregado pela água causando o entupimento de galerias, além de serem em número muito inferior ao projeto aprovado pela prefeitura.

Até tempo atrás, a prefeitura não tinha nenhum controle quanto aos novos empreendimentos que foram sendo construídos. Hoje a Secretaria de Obras e Serviços Urbanos conta com uma engenheira só para este assunto.

No projeto aprovado pela prefeitura de Varginha, o trecho próximo da seção de controle possui 43 BL's e em visita ao local foram constatados 15, sendo que nem todos estão em bom funcionamento e alguns chegam a 100% de obstrução. As BL's encontradas são de abertura de 75 cm por 18 cm de altura.

Foram observadas várias situações em que as BL's não têm capacidade nenhuma de engolimento. Estão obstruídas parcialmente pelo mato na sarjeta e outras pelos resíduos de construção. Ainda assim as em bom estado de conservação estão em locais onde não é possível captar a água excedente ou proveniente de BL's entulhadas como pode ser observado na Figura 4. Sendo assim, nota-se os sinais de escoamento de água que atravessa as ruas que torna a visualização desagradável.

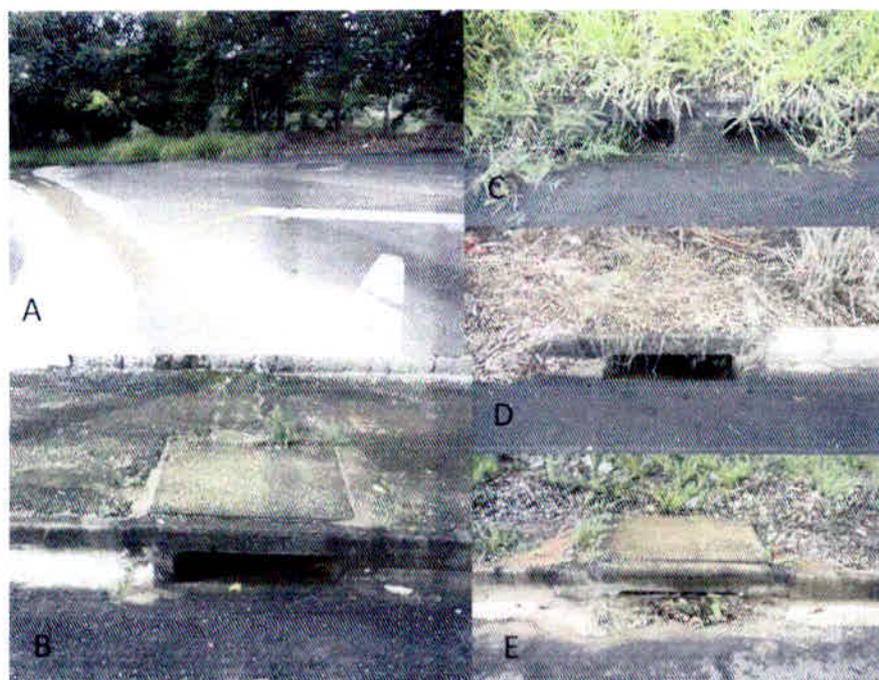


Figura 4 : A) Mau posicionamento da BL. B) BL em boas condições. C) BL dupla tomada pelo mato. D) BL parcialmente obstruída pelo mato e resíduos diversos. E) BL sem condição de uso.

Fonte: própria

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral:

Propor métodos para o controle da inundação e acúmulo de sedimentos à jusante do loteamento Sagrado Coração I, próximo ao Centro de Zoonoses do município de Varginha em Minas Gerais.

2.2 Objetivo Específico:

- Analisar in loco o problema encontrado;
- Identificar e levantar dados sobre o sistema drenagem inicial do local;
- Calcular a vazão de escoamento de águas pluviais;
- Indicar soluções para sanar problemas de moradores e comerciantes;

3 MEMORIAL DESCRITIVO

Este trabalho teve início com a revisão bibliográfica relacionada aos temas com interação do problema dissertado, para isso, foram utilizados livros, artigos, dissertações, leis municipais e manuais publicados, tradicionalmente ou por meio digital, planta dos loteamentos e consulta ao cadastro de imóveis do município de Varginha- MG.

Para a determinação de vazão e capacidade de escoamento, foram selecionados elementos relativos à urbanização da bacia contribuinte, tais como:

- ✓ 1. Subdivisão da área e traçado
- ✓ 2. Elementos relativos à Urbanização
- ✓ 3. Determinação das vazões das bacias
- ✓ 4. Determinação das vazões por trechos/ruas
- ✓ 5. Sarjetas
- ✓ 6. Bocas de lobo
- ✓ 7. Galerias

O sistema de drenagem é fundamental para o bom escoamento da água da chuva, que nos últimos anos vem acontecendo com maior intensidade em todo país. Como via de regra, as prefeituras são responsáveis pelo projeto/funcionalidade deste sistema e geralmente seu estado de conservação é precário, não havendo limpeza e manutenção na maior parte das sarjetas, bocas de lobo, ruas e galerias, isso pode impactar a qualidade de vida da população. O Plano Diretor de Drenagem Urbana é um documento normativo que estabelece mecanismos de gestão da infraestrutura relacionada com o escoamento da água pluvial na área urbana.

Uma das grandes dificuldades ao se escrever sobre microdrenagem no Brasil é que a metodologia dos projetos e serviços executados variam conforme o projetista devido à inexistência de normas da ABNT. As cidades, Estados, órgãos públicos, empreendedores adotam critérios muito diferentes um dos outros, sendo difícil e até impossível de se fazer uma padronização.

O Plano Diretor (PD) é o instrumento básico da política de desenvolvimento urbano e obrigatório, por força da Constituição Federal e do Estatuto da Cidade (Lei Federal no 10.257, de 10 de agosto de 2001), para as cidades com mais de 20 mil habitantes. Um dos objetivos deste é definir as diretrizes básicas para expansão urbana, uso e ocupação do solo urbano, parcelamento e implantação de infraestrutura urbana. O diagnóstico da drenagem urbana é importante para a eficiência das orientações sobre a ocupação da terra que devem constar no Plano Diretor do município. Contudo, neste trabalho serão consideradas as leis municipais de Varginha:

- Lei nº 2.859, de 02 de janeiro de 1997. Institui a Lei de Uso e Ocupação do Solo Urbano Municipal e dá outras providências.
- Lei nº 2.558, de 05 de janeiro de 1995. Consolida leis que dispõem sobre parcelamento do solo urbano e define outras providências.
- Lei nº 2.867, de 02 de janeiro de 1997. Regulamento do parcelamento do solo urbano no Município de Varginha.
- Decreto nº 4.837, de 05 de maio de 2009. Regulamenta o Conselho Municipal do Plano Diretor de Desenvolvimento e dá outras providências

3.1 Urbanização e Drenagem

Segundo Tucci e Bertoni (2003), o termo urbanização, designa “a ação sobre a urbi”, ou ainda, “o processo de transformar em cidade”, representa uma das mais significativas manifestações da atividade urbana.

Para Limonad (1996), Urbanização é uma forma de estruturação do território, onde a importância dos lugares varia historicamente em função dos condicionantes e processos sociais, econômicos, políticos e, por vezes, culturais que tomam corpo. Portanto, rede urbana é a expressão cristalizada de diferentes estruturações do espaço em diferentes tempos históricos.

Segundo Feres (2003), uma condição previa para o sucesso técnico da crise urbana pode ser a existência de condições político-administrativas que inter-relacionem dinamicamente a sociedade, o Estado e a gestão urbana - o município tem um papel chave nesta trama de relações. Apesar do posicionamento estruturalista, essa abordagem

abre uma brecha esperançosa pela qual é possível avançar em busca de melhorias na qualidade da vida urbana, mediante modelos e mecanismos adequados para a administração e gestão urbana das cidades.

Usualmente, nos cursos d'água subdivide-se escoamento superficial em escoamento direto (Qd) e escoamento de base (Qb). As características de uma bacia hidrográfica, como por exemplo, topográficas, clima, solo, geologia e usos e ocupação do solo refletem no deflúvio provocado pela integração desses fatores hidrológicos.

Qd - Escoamento direto - corresponde ao deflúvio que é gerado pela bacia durante e imediatamente após a ocorrência de uma chuva.

Qb - Escoamento de base - é a contribuição que deriva das águas subterrâneas do subsolo.

Em cursos incessantes, o Qb, é garantido pelas águas subterrâneas, enquanto que o Qd, é de caráter intermitente, acontecem apenas como resposta da bacia aos eventos chuvosos. O hidrograma resultante, $Q(t)$, pode ser expresso por:

$$Q = Qd + Qb$$

Este artifício simplificado de análise separa em dois estes componentes uma vez que os mecanismos são interdependentes e complexos.

Uma vez que representa a resposta de uma bacia a ocorrência das chuvas com repercussões no estado de acumulação de águas na superfície dos terrenos faz-se essencial na hidrologia urbana o estudo da quantificação do Qd. Em microbacias, o fator relativo ao uso do solo é justamente um dos fatores que influem sobre essa resposta. (Manejo de Aguas Pluviais Urbanas/ Antonio Marozzi Righetto., 2009)

O local definido da pesquisa é de área urbana residencial de unidades múltiplas, separadas segundo a Tabela 1. Coeficiente de escoamento superficial (runoff) – “C”

Tabela I. Coeficiente de escoamento superficial (runoff) – “C”

Tipologia da área de drenagem	Coeficiente de escoamento superficial
Áreas Comerciais	0,70 – 0,95
áreas centrais	0,70 – 0,95
áreas de bairros	0,50 – 0,70
Áreas Residenciais	
residenciais isoladas	0,35 – 0,50
unidades múltiplas, separadas	0,40 – 0,60
unidades múltiplas, conjugadas	0,60 – 0,75
áreas com lotes de 2.000 m ² ou maiores	0,30 – 0,45
áreas suburbanas	0,25 – 0,40
áreas com prédios de apartamentos	0,50 – 0,70
Áreas Industriais	
área com ocupação esparsa	0,50 – 0,80
área com ocupação densa	0,60 – 0,90
Superfícies	
asfalto	0,70 – 0,95
concreto	0,80 – 0,95
blocket	0,70 – 0,89
paralelepípedo	0,58 - 0,81
telhado	0,75 – 0,95
solo compactado	0,59 - 0,79
Áreas sem melhoramentos ou naturais	
solo arenoso, declividade baixa < 2 %	0,05 – 0,10
solo arenoso, declividade média entre 2% e 7%	0,10 – 0,15
solo arenoso, declividade alta > 7 %	0,15 – 0,20
solo argiloso, declividade baixa < 2 %	0,15 – 0,20
solo argiloso, declividade média entre 2% e 7%	0,20 – 0,25
solo argiloso, declividade alta > 7 %	0,25 – 0,30
grama, em solo arenoso, declividade baixa < 2%	0,05 - 0,10
grama, em solo arenoso, declividade média entre 2% e 7%	0,10 - 0,15
grama, em solo arenoso, declividade alta > 7%	0,15 - 0,20
grama, em solo argiloso, declividade baixa < 2%	0,13 - 0,17
grama, em solo argiloso, declividade média 2% < S < 7%	0,18 - 0,22
grama, em solo argiloso, declividade alta > 7%	0,25 - 0,35
florestas com declividade <5%	0,25 – 0,30
florestas com declividade média entre 5% e 10%	0,30 -0,35
florestas com declividade >10%	0,45 – 0,50
capoeira ou pasto com declividade <5%	0,25 – 0,30
capoeira ou pasto com declividade entre 5% e 10%	0,30 – 0,36
capoeira ou pasto com declividade > 10%	0,35 – 0,42

Fonte: Secretaria Municipal de Obras do Rio de Janeiro (2008)

Conforme Coeficiente de escoamento superficial, os cálculos deverão ser feitos com a média de áreas residenciais de unidades múltiplas, separadas de 0,40 a 0,60, portanto, *runoff* C=0,50

3.2 Caracterização Pluviométrica

A cidade de Varginha possui um regime pluviométrico do tipo tropical, com duas estações distintas: o período chuvoso que inicia-se no mês de setembro, consolida-se a partir de outubro, com as chuvas concentrando-se nos meses seguintes; o período de estiagem, que se inicia no mês abril ao término das chuvas, prolongando-se até agosto, com mínimas sendo observadas durante os meses de junho a julho.

Para o estudo em questão, foram adotados os dados referentes à Cambuquira. Cidade localizada a cerca de 50 km de Varginha e com características muito semelhantes.

NOME	Cambuquira
UF	MG
Código	83685
Latitude(°)	-21,85
Longitude(°)	-45,3
Altitude(m)	950,1

Trimestre			Precipitação acumulada no Período (mm)		
			Lim. Inferior	Média	Lim. Superior
jan	fev	mar	548	594	696
fev	mar	abr	461	467	531
mar	abr	mai	215	237	324
abr	mai	jun	120	140	157
mai	jun	jul	53	90	89
jun	jul	ago	65	62	73
jul	ago	set	43	102	98
ago	set	out	232	237	288
set	out	nov	318	367	433
out	nov	dez	505	543	608
nov	dez	jan	590	678	700
dez	jan	fev	583	722	909

Tabelas 04: Dados da Estação de 1961 a 2010.

Fonte: INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

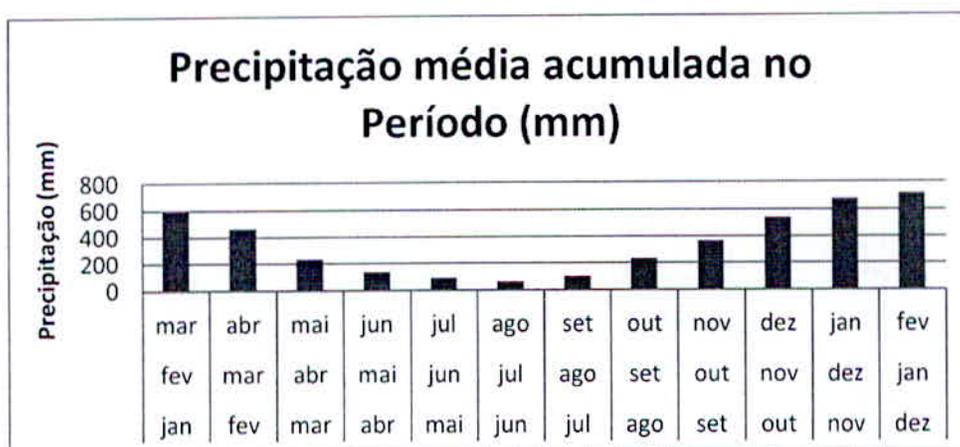


Figura 05: Gráfico Precipitação Média Acumulada no Período (mm) para município de Cambuquira MG.

Fonte: INMET, dados de 1961 a 2010.

3.3 Avaliação da compatibilidade da ocupação urbana com os sistemas de microdrenagem

De uma maneira geral, as águas decorrentes da chuva são lançadas em cursos d'água naturais, ou, no caso de solos bastante permeáveis, sobre o terreno por onde infiltram no subsolo. Por outro lado, os caminhos percorridos pelos deflúvios sobre uma superfície podem ser bem ou mal definidos dependendo do ponto de vista topográfico. (PROSAB - Coordenado por Antônio Marozzi Righetto . 2009, p50)

Após a implantação ou expansão de um loteamento, o percurso sinuoso e desconhecido das enxurradas passa a ser determinado pelo traçado das ruas, podendo o fluxo ser avaliado tanto quantitativo quanto qualitativamente, de maneira bem diferente de seu comportamento original.

A enxurrada originada pela precipitação direta sobre as vias publica desembocam nos sistemas de microdrenagem por meio das captações em bocas de lobo situados nas sarjetas.

As enxurradas formam os escoamentos superficiais e apenas o volume maior que a capacidade da sarjeta é direcionado para as bocas de lobo. Ao final do trajeto realizado pela água nas sarjetas, à jusante, é implementado o sistema de tubulações interligadas a rede de galerias de águas pluviais, por meio da qual atingem os fundos de vale, onde o escoamento e topograficamente melhor definido, mesmo que não haja canalização ou retificação do curso d'água.

A microdrenagem é constituída pelo sistema de condutos pluviais ou canais em nível de loteamento ou de rede primaria urbana. Este tipo de sistema de drenagem e

projetado para atender a drenagem de precipitações com risco moderado. Já os escoamentos que ocorrem nos fundos de vale por meio dos cursos de água naturais ou de canais de maiores dimensões integram o chamado sistema de macrodrenagem. Nesse sistema, realiza-se a drenagem de áreas de pelo menos 2 km² ou 200 ha, embora tais valores não devam ser tomados como absolutos, porque a malha urbana pode possuir as mais diferentes configurações (TUCCI, 2003).

3.4 Período de retorno

Em microdrenagem é comum adotar-se períodos de retorno entre 2 e 10 anos. Segundo orientação da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 1986), em locais de concentração de residências, adota-se 2 anos. Porém, como o local de estudo apresenta o problema de inundação, será utilizado o período de retorno de 10 anos.

Duração da chuva (t) = Tempo de concentração da bacia (tc)

O tc pode ser calculado: $t_s + 10 \text{ min}$

A equação de George Ribeiro para t_s :

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

Onde:

L = comprimento do talvegue principal, km

p = porcentagem de cobertura vegetal, em decimal

I_m = declividade média do talvegue principal, em m/m

t_s = tempo de escoamento superficial, em min

10 in = tempo morto, min.

3.5 Altura de água na sarjeta

Equacionamento para vazão de sarjeta (Q_s) feito pela equação de Manning, modificado por Izzard:

$$Q_s = 0,375 \cdot z/n \cdot y^{8/3} \cdot l^{0,5}$$

Onde:

$y \rightarrow$ largura da seção

$l \rightarrow$ inclinação, declividade longitudinal.

$z \rightarrow$ inverso da declividade transversal

$n \rightarrow$ coeficiente de rugosidade

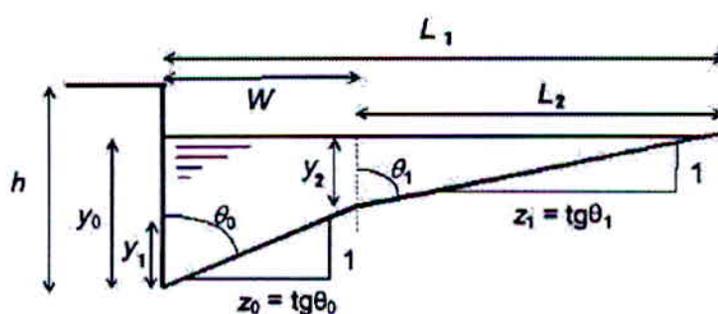


Figura 06 : Seção transversal de uma sarjeta do tipo mista.

Fonte: UAEC CAPÍTULO IV - SARJETAS

A Tabela 3 expõe uma série de valores limites e usuais que devem ser observados quando da elaboração de projetos de vias públicas.

Dados Característicos	Usual	Máximo	Mínimo
declividade longitudinal do pavimento (%)	-	-	0,4
declividade transversal do pavimento	2	2,5	1
declividade transversal da sarjeta	5	10	2
coeficiente de Manning	0,016	0,025	0,012
altura da guia	0,15	0,2	0,1
altura da água na guia	-	0,13	-
velocidade de escoamento na sarjeta	-	3	0,75
largura da sarjeta	-	-	-
a) sem estacionamento	0,6	-	-
b) com estacionamento	0,9	-	-

Tabela 03 - Valores para Projetos de Ruas e Avenidas

Fonte: UAEC CAPÍTULO IV - SARJETAS

3.6 Fórmula de Manning

Para seção circular plena:

Vamos apresentar a fórmula de Manning para seção plena circular:

$$Q = (n^{-1}) \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

Q= vazão (m³/s);

A= área molhada da seção (m²)

R= raio hidráulico (m);

S= declividade (m/m).

Para seção circular plena R=D/4 temos:

$$V = (1/n) \times 0,397 \times (D^{2/3}) (S^{0,5})$$

$$Q = (1/n) \times 0,312 \times (D^{8/3}) (S^{0,5})$$

$$D = [(Q \cdot n) / (0,312 \cdot S^{0,5})]^{3/8}$$

Sendo:

V= velocidade (m/s);

R= raio hidráulico (m);

S= declividade (m/m);

n= coeficiente de rugosidade de Manning;

D= diâmetro do tubo (m);

Q= vazão (m³/s).

Tabela 04 - Vazões a seção plena de tubos de concreto para águas pluviais conforme a declividade da tubulação.

Tubos de Concreto com $n = 0,013$		Vazões (m^3/s)										
		Declividade da tubulação										
Diâmetro		0,50%	1,00%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%
cm	m	0,005	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1
30	0,3	0,07	0,1	0,14	0,17	0,19	0,22	0,24	0,26	0,27	0,29	0,31
40	0,4	0,15	0,21	0,29	0,36	0,42	0,47	0,51	0,55	0,59	0,63	0,66
50	0,5	0,27	0,38	0,53	0,65	0,76	0,85	0,93	1	1,07	1,13	1,2
60	0,6	0,43	0,61	0,87	1,06	1,23	1,37	1,51	1,63	1,74	1,84	1,94
80	0,8	0,94	1,32	1,87	2,29	2,65	2,96	3,24	3,5	3,74	3,97	4,19
100	1	1,7	2,4	3,39	4,16	4,8	5,37	5,88	6,35	6,79	7,2	7,59
120	1,2	2,76	3,9	5,52	6,76	7,81	8,73	9,56	10,33	11,04	11,71	12,34
150	1,5	5	7,08	10,01	12,26	14,15	15,82	17,33	18,72	20,01	21,23	22,38

Fonte: Curso de Manejo de águas pluviais - Capítulo 5-Microdrenagem

3.7 Galerias de águas pluviais no Brasil

As galerias pluviais são projetadas como conduto livre para funcionamento a seção plena para a vazão do projeto. A velocidade depende do material a ser usado.

A velocidade mínima para tubos de concreto deverá ser de 0,65m/s e a máxima de 5,0m/s. O recobrimento mínimo é de 2,5 vezes o diâmetro usado.

3.8 Aspectos Geoambientais

A topografia de Varginha é bem diversificada, verificando se desde uma topografia com declives suaves até o relevo de aclives mais vigorosos, com o afloramento de maciços montanhosos muito acentuados. Contudo, o território varia entre 4% plano, 80% ondulado e 16% montanhosos. A Altitude máxima é 1239m no morro do Chapéu e a altitude mínima é de 868m, na foz do córrego Tijuco.

Segundo os projetos adquiridos na prefeitura de Varginha, o Loteamento Sagrado Coração, a variação topográfica deste que contem os pontos mais altos e mais baixos da bacia em questão varia de 980 a 867.45 m. O trecho de maior declividade apresenta 0,1288m/m de inclinação.

3.9 Componentes do saneamento

Na região em estudo, todos os domicílios são atendidos pela rede pública de abastecimento de água, sendo, 100% da origem da água consumida explorada do manancial superficial dentro do perímetro urbano da cidade.

Os serviços de limpeza urbana coletam os resíduos sólidos três vezes por semana. Já a varrição das ruas acontece sem frequência definida, o que favorece o comprometimento e a obstrução dos sistemas de drenagem.

3.10 Vazão da Bacia Sagrado Coração:

$$Q = C. i. A$$

A partir do valor obtido da vazão, pode ser concluído que pode ter havido um equívoco no projeto disponibilizado pela Prefeitura de Varginha, pois para um trecho de pequena vazão foram propostas 42 BL's. Um exagero, mas contudo, não foi executado e por isso caberá averiguação do que é o mais adequado para esta bacia.

4. MEMORIAL DE CÁLCULOS:

O dimensionamento da rede de águas pluviais foi baseado nas seguintes etapas:

Urbanização

Elementos relativos à urbanização da bacia contribuinte:

- ✓ Tipos e porcentagens de ocupação dos lotes:

ÁREA	m ²	%
Lotes Verde	7220,67	8,97
Residencial e Comercial	43695,01	54,27
Institucional	6980,00	8,67
Ruas/passeio	22622,74	28,10
Área total	80518,42	100,00

Tabela 05 : Resumo de áreas do loteamento.

Fonte: autoria própria

- ✓ Coeficiente de Run off para o tipo de ocupação:

C run off	Área verde	0,1	0,2	0,3
	residencial	0,4	0,5	0,6
	comercial	0,7	0,8	0,9
	pav. Asf.	0,9	0,925	0,95

Tabela 06 : Coeficiente de Run off.

Fonte: autoria própria

$$ts = \frac{16 \cdot L}{(1,05 - 0,2p) \cdot (100 \cdot Im)^{0,04}} \quad tc = ts + 10 \text{ min}$$

$$Im = \frac{\text{diferença de cota}}{L}$$

L = Distancia máxima percorrida pela água escoada

T (anos)	tc (min)	ts (min)	L (Km)	p	Im	Cm
10	19,653	9,65	0,5812	0,1	0,053	0,593

Tabela 07: Determinação do coeficiente médio de Run off.

Fonte: autoria própria

Determinação das vazões das bacias

BACIAS LOTEAMENTO			
QUADRAS	BACIAS	AREA (m ²)	Q (m ³ /s)
18043	A	2576,67	0,035
	B	2237,37	0,031
	C	1785,47	0,024
18042	A	4135,19	0,056
	B	752,54	0,010
	C	3371,70	0,046
	D	657,54	0,009
18038	A	2682,35	0,037
	B	543,16	0,007
	C	3051,12	0,042
	D	965,82	0,013
18037	A	1761,56	0,024
	B	784,24	0,011
	C	2246,93	0,031
	D	949,76	0,013
18036	A	1739,93	0,024
	B	735,53	0,010
	C	1682,76	0,023
	D	814,42	0,011
18034	A	2838,16	0,039
	B	1034,41	0,014
	C	2472,93	0,034
	D	824,89	0,011
18035	A	796,10	0,011
	B	1043,00	0,014
	C	1339,77	0,018

18035	A	796,10	0,011
	B	1043,00	0,014
	C	1339,77	0,018
	D	816,43	0,011
18022	A	1553,64	0,021
		2607,60	0,036
		2500,00	0,034
18016	A	2011,55	0,027
	B	4305,24	0,059
18044	A	2429,09	0,033
	B		0,000
18039/40/41	A	5724,27	0,078
	B		0,000
18039 (jusante)	B	2316,78	0,032
			0,000
Canteiro 1	E	1309,35	0,018
	D	1152,16	0,016
Canteiro 2	E	2896,40	0,039
	D	2898,06	0,040
Canteiro 3	E	2192,67	0,030
	D	1981,87	0,027
Área da Bacia		80518,42	1,098
		80518,42	
QUADRAS	BACIAS	AREA (m ²)	Q (m ³ /s)
Rua Imigrantes	Bacia 2	5235,90	0,071
Área da Bacia		5235,90	0,071

$$Q = 1,1690 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

Tabela 08 : Determinação da vazão das bacias.
Fonte: autoria própria

Determinação das vazões por trechos/ruas

VAZÃO POR TRECHOS/RUAS			
Trechos	MARGEM	Ruas	Q (m ³ /s)
1-2	E		0,009
	D		
2-3	E		0,031
	D		
1-4-5-6-7	E		0,118
	D		0,037
2-9	E		0,046
	D		0,035
4-10	E		0,042
	D		0,056
5-11	E		0,031
	D		0,037
6-12	E		0,023
	D		0,024
7-13-14	E		0,142
	D		0,025
13-15	E		0,034
	D		0,014
7-8	E		0,177
	D		0,039
3-17-18-19	E		0,082
	D		0,143
3-9-10-11-12-14-16	E		0,572
	D		0,087
7-8-15-16	E		0,177
	D		0,112
16-19-20	E		0,586
	D		0,586
Trechos	MARGEM	Ruas	Q (m ³ /s)
Bacia 2	E		0,036
	D		0,036

Tabela 09: Determinação da vazão por trechos de contribuição.
Fonte: autoria própria

Sarjetas

Largura: 15 cm

Inclinação da sarjeta: 4,0%

Altura do meio-fio: 15 cm

Cálculo Bacia do Loteamento Sagrado Coração I:

z = inverso da declividade transversal

y_0 = altura da lâmina junto ao meio-fio

y_1 = altura da lâmina na junção sarjeta/pavimento

n = coeficiente de rugosidade de Manning

I = declividade longitudinal, m/m

$$q_{st} = 0,375 * \left(\frac{z_1}{n} * y_0^{8/3} - \frac{z_1}{n} * y_1^{8/3} + \frac{z_2}{n} * y_0^{8/3} \right) * I^{0,5}$$

q_{st} = q_{st} * valor encontrado no ábaco

Sarjeta			Via		
L	0,15	m	L		m
i=	4	%	i=	1,5	%
h=	0,15	m	n=	0,015	

y_0 =	0,120	m	Cotas	46,60
z_1 =	25,000		Jus.	867,45
z_2 =	100,0		Mont.	914,05
y_1 =	0,1140	m	Dist.	696,66

Determinação de I longitudinal					
i =	0,067	m/m	i =	6,6891	%
q_{st} =	2,05	m^3/s	ábaco 0,60		
q_{st} =	1,229	m^3/s			

Tabela 10 : Dimensionamento de sarjeta
Fonte: autoria própria

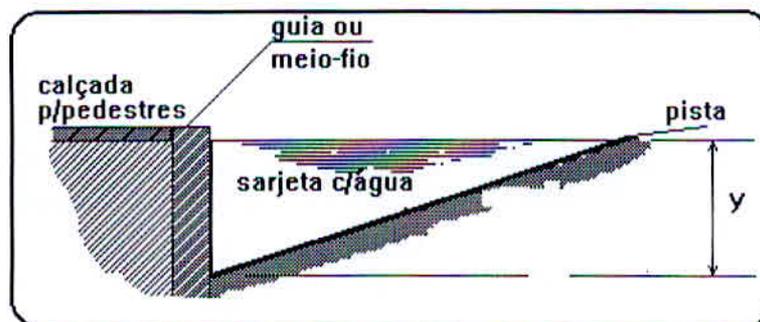


Figura 07: modelo de sarjeta.

Fonte: BOTELHO, M. H. C. - "Águas de chuva - Engenharia das Águas de Chuva nas Cidades", Ed. Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1985.

Valores utilizados nos cálculos são os encontrados in loco.

Obs.: A vazão calculada de sarjeta é maior que a vazão de chuva, portanto não haveria necessidade de galerias. Devido a topografia do loteamento não favorecer ao destino final da água coletada, terá a necessidade de se calcular galerias para direcionar a água ao receptor final.

Bocas de lobo

BL Simples

Cálculo como Orifício

$$Q = 3,101 \cdot L \cdot h^{3/2} \cdot \sqrt{(2y - h/2h)}$$

$$1,0976 = 3,101 \cdot (0,15^{1,5}) \cdot (\sqrt{(2 \cdot 0,15 - 0,15/2 \cdot 0,15)})$$

$$L(m) = 12,7393 \rightarrow \text{Comprimento total de BL tipo Orifício}$$

Padrão adotado pela Prefeitura de

Varginha:

$$h = 0,15 \text{ m e } L = 0,75 \text{ m}$$



Total de BL's

$$12,7393 / 0,75 = 14,461$$

Total de BL's = 17

Número igual ao de Bocas de Lobo encontradas in loco.

Período de retorno utilizado o igual a 10 anos, conforme indicação CETESB.

8. Galeria

$$R_H = 0,2895 * D$$

Q= Vazão

I_{ter} = declividade mínima adotada

$$K = Q * n (D^{8/3} * I_{ter}^{-0,5})$$

$$\theta = (5915,8 * K^5) - (5201,2 * K^4) + (1786,6 * K^3) - (289,89 * K^2) + (32,113 * K) + 1,1487$$

$$Y/D = \frac{0,5 * (1 - \cos \theta)}{2} \quad \frac{\pi * \theta}{180}$$

Galerias			
$V_{max} =$	5,00	m/s	$V_{min} =$ 0,75 m/s
Y/D=	0,9	Recomen. Literatura	D= 0,70 m/s
$R_H =$	0,20		← Adotado I_{minima}
Q=	1,098	m ³ /s	
$I_{ter} =$	0,0050	m/m	
K=	0,60		
$\theta =$	90,56		máx= 265
Y/D=	0,71		máx= 4,63 rad
	1,58	rad	
$A_{molh} =$	0,7132	m ²	
Vel.=	1,5390	m/s	Ok! Vel _{máx} = 5,5 m/s

Tabela 11: Dimensionamento de galerias.

Fonte: autoria própria

Tubulação Secundária							
BL	Vazão (m ³ /s)	Y/D	Rh (m)	I (%)	n	\varnothing calculado (m)	\varnothing comercial (mm)
1	0,118	0,9	0,0851	0,08	0,015	0,340	400
2	0,037	0,9	0,05511	0,08	0,015	0,220	
3	0,142	0,9	0,09116	0,08	0,015	0,365	
4	0,025	0,9	0,04762	0,08	0,015	0,190	
5	0,211	0,9	0,10573	0,08	0,015	0,423	
6	0,053	0,9	0,0629	0,08	0,015	0,252	
7	0,082	0,9	0,07424	0,08	0,015	0,297	
8	0,143	0,9	0,09134	0,08	0,015	0,365	
9	0,087	0,9	0,07591	0,08	0,015	0,304	
10	0,143	0,9	0,0914	0,08	0,015	0,366	
11	0,143	0,9	0,0914	0,08	0,015	0,366	
12	0,143	0,9	0,0914	1,08	0,015	0,366	
13	0,143	0,9	0,0914	2,08	0,015	0,366	

Tabela 12: Tubulação Secundária.

Fonte: autoria própria

Dimensionamento das Galerias												
Trecho	Σ BL	Q (m ³ /s)	y/D	Rh (m)	L (m)	Cota		I (m/m)	I _{desfavoravel} (%)	n	Øcalculado (m)	Øcomercial (mm)
						Montante (m)	Jusante (m)					
1	3-17-18-19	0,2250	0,9	0,151356	205,94	888,00	869,00	0,092	-	0,013	0,523	500
2	3-9-10-11-12-14-16	0,6591	0,9	0,210838	200	889,00	865,00	0,100	-	0,013	0,728	700
3	7-8-15-16	0,2885	0,9	0,165009	240,94	891,00	869,00	0,091	-	0,013	0,570	600
4	16-19-20	1,1726	0,9	0,361487	28,33	870,00	869,00	0,035	-	0,013	1,249	1200

Tabela 13: Dimensionamento de galerias por trechos.

Fonte: autoria própria

Comentários e Observações

O projeto aprovado pela prefeitura de Varginha contempla 43 unidades de Bocas de Lobos, porém foram executados em um número muito menor, 17. Embora a diferença do projeto inicial, este número é quase o suficiente para atender a vazão conforme mostrado nos cálculos anteriormente. Entretanto, nota-se a falta de manutenção e limpeza desses sistemas, sobrecarregando e impedindo a adequada funcionalidade.

Em alguns pontos as bocas-de-lobo estão em locais inadequados, não aproveitando devidamente o fluxo como a figura a seguir:



Figura 08: Posicionamento inadequado de boca de lobo
Fonte: autoria própria

Porém, subdividindo a bacia, é possível observar que o acúmulo de água e resíduos à jusante do referido bairro tem origem da Avenida Imigrantes e suas casas. Como pode ser observado nas Figuras a seguir, não há sarjeta e meio-fio nos cantos da Avenida, ou seja, não há se quer os primeiros dispositivos de drenagem. Grande parte da água que escoar para a avenida acaba entrando na propriedade do Sr. Sebastião Oliveira por ser terreno em aclive com relação à avenida. Vide Figura:

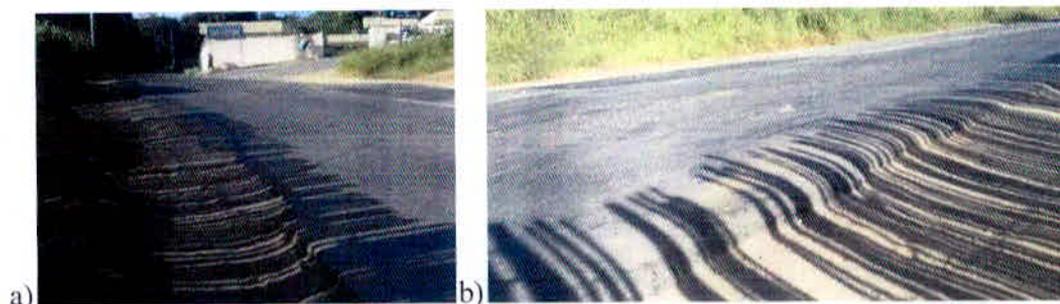


Figura 09 a) e b): Avenida Imigrantes
Fonte: autoria própria

Segundo capítulo II, Art. 10, § VII da Lei Municipal de Varginha nº 2.558, de 05 de janeiro de 1995. Consolida leis que dispõem sobre parcelamento do solo urbano e define outras providências.: - Fazer constar das escrituras definitivas ou dos compromissos de compra e venda dos lotes, no caso da impossibilidade de determinados lotes lançarem a tubulação de esgoto na rua frontal, a obrigatoriamente do lote a jusante permitir a passagem desta tubulação.

No referido trecho, acontece o inverso da lei citada acima. O lote recebe as águas da via pública sem qualquer meio de destinação correta. captação.

A passagem forçada decorre, necessariamente, da lei. Trata-se de direito de vizinhança, previsto no Código Civil, em seu art. 1.285, segundo o qual "o dono do prédio que não tiver acesso a via pública, nascente ou porto, pode, mediante pagamento de indenização cabal, constranger o vizinho a lhe dar passagem, cujo rumo será judicialmente fixado, se necessário".

O referido trecho tem 68m de distancia do ribeirão. A cota do leito do ribeirão encontra-se há 2,35m em relação ao trecho crítico. Sendo assim, a construção de um dispositivo de captação (Boca de lobo) neste local atinge declividade suficiente para alcançar o canal e dissipar a água e evitar todos os problemas que ocorrem neste local, conforme já citado.

Admitindo que os dispositivos estejam em funcionamento, resta ainda a rua acima da avenida onde não foram encontradas BL. O volume de água deste trecho escorre e concentra-se no ponto crítico do Loteamento. Assim, a bacia pode ser dividida em duas. As figuras 10 e 11 retratam o trecho descrito.

Assumindo a segunda bacia, esta não conta com sistema de drenagem. Apenas em alguns trechos existem os dispositivos primário de drenagem: sarjeta e meio-fio.

Segundo o Jornal Folha de Varginha, edição 222, de maio de 2014, este ano houve a pior estiagem dos últimos 50 anos na região do Sul de Minas. Devido a este fato, não foi possível fazer o acompanhamento do trecho para averiguar a origem efetiva da água que se acumula no referido local.

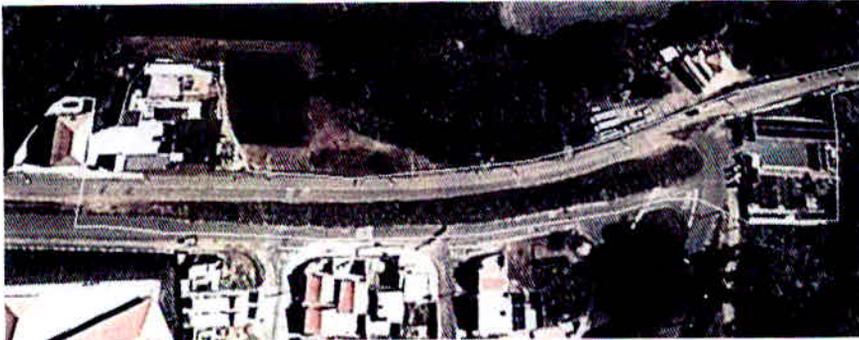


Figura 10: Bacia 2, Jusante.
Fonte: Google Earth



Figura 11: Bacia 2, inexistência de dispositivos de drenagem.
Fonte: autoria própria

Sendo assim, fazem-se necessários novos cálculos:

Determinação das vazões das bacias

QUADRAS	BACIAS	AREA (m ²)	Q (m ³ /s)
Rua Imigrantes	Bacia 2	5235,90	0,071
Área da Bacia		5235,90	0,071

Tabela 14: Determinação da vazão da bacia 2.
Fonte: autoria própria

Determinação das vazões por trechos/ruas

Trechos	MARGEM	Ruas	Q (m ³ /s)
Bacia 2	E		0,036
	D		0,036

Tabela 15: Determinação da vazão por trechos de contribuição
Fonte: autoria própria

Sarjetas

Cota do ponto crítico: 867,450m.

Altura da ponte em relação ao leito do ribeirão: 2,1m

Desconsiderando desnível de 0,0038 e assumindo trecho aplanado.

Assumindo galeria de 400 mm de diâmetro e adotando BL de 65 cm de profundidade, tem-se que o desnível cai para 1,45m.

Sarjeta			Via		
L	0,15	m	L		m
I=	4	%	I=	1,5	%
h=	0,15	m	n=	0,015	
Y ₀ =	0,120	m	Cotas	1,45	
Z ₁ =	25,000		Jus.	866,00	
Z ₂ =	100,0		Mont.	867,45	
Y ₁ =	0,1140	m	Dist.	68,00	
Determinação de i longitudinal					
i=	0,021	m/m	i=	2,1324	%
q _{st} =	1,16	m ³ /s	ábaco	0,60	
q _{st} =	0,694	m ³ /s			

Tabela 16: Dimensionamento de sarjeta.

Fonte: autoria própria

6. Bocas de lobo

BL Simples

Cálculo como Orifício

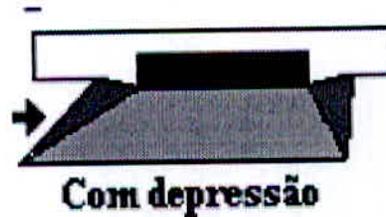
$$Q = 3,101 \cdot L \cdot h^{3/2} \cdot \sqrt{2y - h/2h}$$

$$0,0714 = 3,101 \cdot (0,15^{1,5}) \cdot (\sqrt{2 \cdot 0,15 - 0,15/2 \cdot 0,15})$$

$$L(m) = 0,8284 \rightarrow \text{Comprimento total de BL tipo Orifício}$$

Padrão adotado pela Prefeitura de Varginha:

$$h = 0,15 \text{ m e } L = 0,75 \text{ m}$$



Total de BL's

$$0,8284 / 0,75 = 1,105$$

Total de BL's = 2

Período de retorno utilizado o igual a 10 anos, conforme indicação CETESB (1986).

Galeria

Galerias					
$V_{max} =$	5,00	m/s	$V_{min} =$	0,75	m/s
$Y/D =$	0,9	Recomen. Literatura	$D =$	0,70	m/s
$R_H =$	0,20		← Adotado I_{minima}		
$Q =$	0,071	m^3/s			
$I_{ter} =$	0,0050	m/m			
$K =$	0,04		$máx =$	265	
$\theta =$	2,06		$máx =$	4,63	rad
$Y/D =$	0,62				
	0,04	rad			
$A_{molh} =$	0,0154	m^2			
$Vel. =$	4,6349	m/s	Ok!	$Vel_{máx} =$	5,5 m/s

Tabela 17: Dimensionamento de galerias.

Fonte: autoria própria

Para melhor distribuição da vazão, é de melhor funcionalidade utilizar de 1 dispositivo a cada lado da via.

Tubulação Secundária							
BL	Vazão (m ³ /s)	γ/D	Rh (m)	I (%)	n	Ø _{calculado} (m)	Ø _{comercial} (mm)
14	0,036	0,9	0,05425	3,08	0,015	0,217	400
15	0,036	0,9	0,05425	4,08	0,015	0,217	

Tabela 18: Tubulação Secundária.
Fonte: autoria própria

Dimensionamento das Galerias												
Trecho	ΣBL	Q (m ³ /s)	γ/D	Rh (m)	L (m)	Cota		I (m/m)	I _{desfavoravel} (%)	n	Ø _{calculado} (m)	Ø _{comercial} (mm)
						Montante (m)	Jusante (m)					
5	Bacia 2	0,0714	0,9	0,116191	68	867,45	863,05	0,065	-	0,013	0,401	400

Tabela 19: Dimensionamento de galerias por trechos.
Fonte: autoria própria

ORIGEM DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NA DRENAGEM

Os resíduos sólidos que atingem os corpos d'água e sistemas de drenagem urbanos são de origem bem diversificada, podendo ser resíduos domésticos e industriais, entulhos e sedimentos.

A coleta de resíduos acontece com frequência de 3 vezes por semana não acarretando risco de acúmulo de material doméstico ou industrial ainda que este setor da cidade seja exclusivamente residencial e comercial sem ocorrência de indústria.

Entulhos

A coleta informal de entulhos e o descarte descontrolado, por sua vez, poderiam ser arrolados como fatores principais dos depósitos antropogênicos em lugares inapropriados, incluindo os corpos d'água, as bocas de lobo e os condutos pluviais.

Por se tratar de bairros recém-criados, podem-se notar inúmeras construções e na maioria das vezes o depósito de material construtivo é feito nas sarjetas ou quando dentro dos terrenos, não existe uma contenção para que o vento, os animais e a água da chuva carreguem esses materiais. O aterro e desaterro também é muito frequente por questões topográficas da cidade de Varginha.

Contudo, os resíduos depositados nas ruas acabam sendo transportados pelo escoamento pluvial, com depósito no próprio sistema de drenagem ou em algum corpo de água receptor.

A limpeza urbana destes loteamentos é de responsabilidade dos loteadores e sendo falha, o mato acaba se prolongando dos terrenos para as sarjetas impedindo o escoamento adequado as águas. Vide figura abaixo:



Figura 12 : Rua do Loteamento Sagrado Coração I

Fonte: Própria

Sedimentos

Os sedimentos livres, por não serem normalmente controlados pelos serviços públicos, aliado ao fato de frequentemente haver pouco cuidado nas movimentações de terra, acabam chegando facilmente à drenagem porque são gerados pelo manejo inadequado de obras de terraplenagem, de sistemas viários em solo nu e de obras civis em terrenos públicos e privados que causam erosão e deslocamento de terra por falta de medidas de confinamento.

Formas de Transporte de Resíduos em Bacias Urbanas

Independente da fonte e categoria dos resíduos, estes podem atingir córregos por quatro formas principais de transporte:

Sistema de drenagem

Os sistemas de drenagem podem transportar resíduos para cursos d'água durante chuvas intensas ou em períodos de estiagem. Resíduos flutuantes e pequenos são particularmente suscetíveis ao transporte em sistemas de drenagem. Tipicamente, quanto maior a vazão superficial e a frequência das chuvas intensas, mais significativo será o transporte de detritos pelo sistema de drenagem das bacias urbanas.

Transporte pelo vento

Os resíduos podem ser transportados para um curso d'água pelo vento. Isto ocorre notadamente quando a fonte de resíduos esta localizada em áreas adjacentes com pouca vegetação ciliar e obstruções, tais como cercas.

Despejo direto

Os resíduos podem chegar aos cursos d'água por lançamento direto ou indiretamente por disposição as suas margens. Os resíduos descartados clandestinamente e os jogados por pedestres são as duas fontes mais significativas de despejo direto. Os resíduos típicos despejados clandestinamente em cursos d'água incluem materiais de construção e de paisagismo, mobiliário, aparelhos eletrônicos, pneus e materiais perigosos (latas de tinta e baterias). Já entre os resíduos lançados diretamente por pedestres, incluem-se: papéis, plásticos, garrafas e latas de bebidas, resíduos de comida e pontas de cigarro.

Transporte para jusante

Os resíduos que chegam aos córregos pelas três formas de transporte anteriormente referidas podem ser transportados e/ou depositados para locais a jusante. O acúmulo de lixo depositado ao longo de córregos varia de local a local, dependendo do gradiente do canal, da velocidade de escoamento, da densidade da vegetação ciliar e do leito.

Outros dispositivos retentores de sólidos

Dispositivos adotados na retenção de sólidos, em distintas situações: zona urbana e zonas periféricas ou rurais.

As cestas acopladas em entradas de bocas de lobo auxiliam no monitoramento e no gerenciamento integrado de resíduos sólidos com sistemas de drenagem urbana. Neves e Tucci (2008) referem-se a essas cestas como uma vantagem de fácil limpeza e remoção da cesta para manutenção, aliada ao fato de a cesta poder ser facilmente integrada ao programa de manutenção das captações de águas pluviais; como desvantagens: o alto custo do aspirador necessário, tampas das captações pesadas e o grande número de unidades necessárias. Vide figura:



Figura 13 : Cestas acopladas às bocas de lobo
Fonte: SWU - Bueiros sustentáveis são testados em São Paulo (2012)

Hidrojateamento

Os serviços de hidrojateamento de alta pressão e sucção para limpeza e desobstrução de poços de visita, redes de esgoto, galerias de águas pluviais e bocas de lobo se fazem necessários quando não há método preventivo. Este método mecânico deve ser iniciado pelo(s) tramo(s) mais a montante do(s) trecho(s) objeto da ordem de serviço, de modo que eventuais passagens de material sólido por sobre o dique não obstruam trechos limpos. Mas infelizmente não estão presentes na maioria das obras de limpeza urbana. Vide figura 14.



Figura 14 :a) Limpeza de galerias por hidrojateamento; b) caminhão de hidrojateamento
Fonte: Internet

5. CONCLUSÃO

O presente estudo de caso é um projeto que visa reduzir o impacto gerado na bacia hidrográfica do loteamento Sagrado Coração, no município de Varginha, diminuindo os riscos de inundações na Avenida Imigrantes, uma importante via de acesso à bairros adjacentes ao referido local.

A caracterização da bacia hidrográfica possibilitou detectar os principais fatores que influenciam nas inundações. Foi observado que o trecho antigo é que foi responsável pelo acúmulo da água e que o bairro com cerca de 7 anos de existência possui sistema adequado e que teoricamente atende à necessidade da população.

A Avenida dos Imigrantes possui baixa declividade o que causa o não escoamento da vazão nos momentos de chuvas mais ou menos intensas. Todavia este problema não acontece no loteamento novo onde a declividade alcança 11% em determinados pontos. O que chama atenção neste projeto, é notar que a quantidade de bocas de lobo no projeto aprovado pela prefeitura era muito maior, o que nos leva a ponderar que os projetos de drenagem urbana são apenas para cumprir exigência e não passaram por análise técnica por parte do órgão responsável pela aprovação.

Para minimizar o problema de acúmulo de água e resíduos nos pontos a jusante da cidade, a principal medida a ser adotada é a manutenção e limpeza dos sistemas de drenagem existentes e a educação das pessoas com relação aos detritos de construção civil não depositados em locais propícios, que são levados pela água e pelo vento nas sarjetas e que causam o entupimento de BL's e galerias e sobrecarregando e inutilizando os aparelhos.

Para o ponto crítico, implantar sarjeta, meio-fio, BL e galerias como projeto apresentado. Admitir que o local não tem condições de escoamento adequado e fazê-lo.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Manejo de Águas Pluviais Urbanas/ Antonio Marozzi Righetto (coordenador).
Rio de Janeiro: ABES, 2009

LIMONAD, E. Os lugares da urbanização: o caso do interior fluminense. 1996. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

TUCCI, C.E.M.; BERTONI, J.C. Inundações urbanas em América Latina. Porto Alegre: ABRH-Ed. UFRGS, 2003

Manejo de Aguas Pluviais Urbanas/ Antonio Marozzi Righetto (coordenador).
Rio de Janeiro: ABES, 2009

Instruções Técnicas para Elaboração de Estudos Hidrológicos e dimensionamento Hidráulico de Dispositivos de Drenagem. Rio de Janeiro. 2010.

<http://www.abpp.com.br/abppsulmg/varginha.htm>

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Varginha>

<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=agrometeorologia/balancoHidricoClimatico>

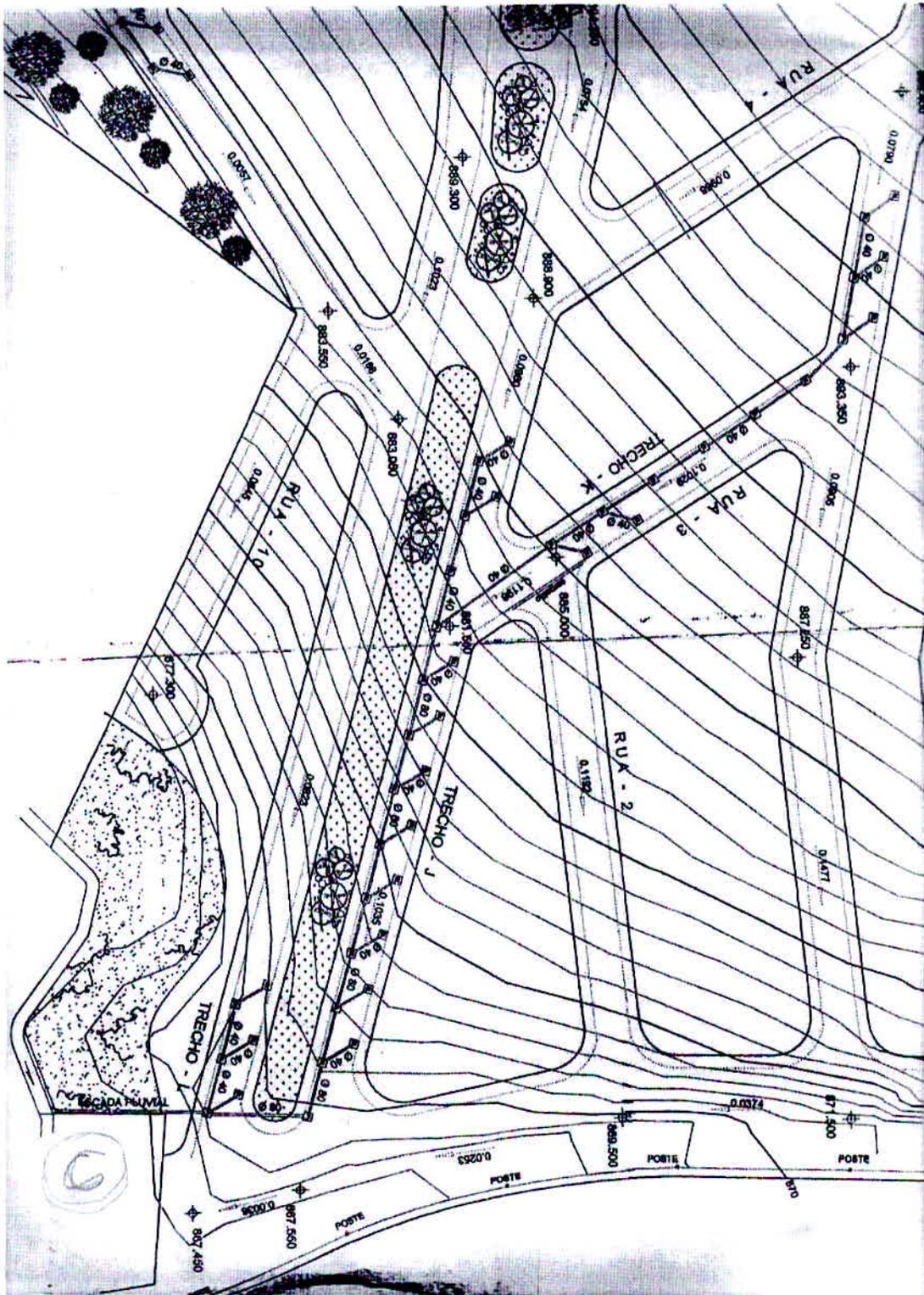
http://www.inmet.gov.br/webcdp/climatologia/faixa_normal/mostra_info.php

<http://www.swu.com.br/blog/2012/09/sustentabilizese/vivaoplaneta/bueiros-sustentaveis-sao-testados-em-sao-paulo/>

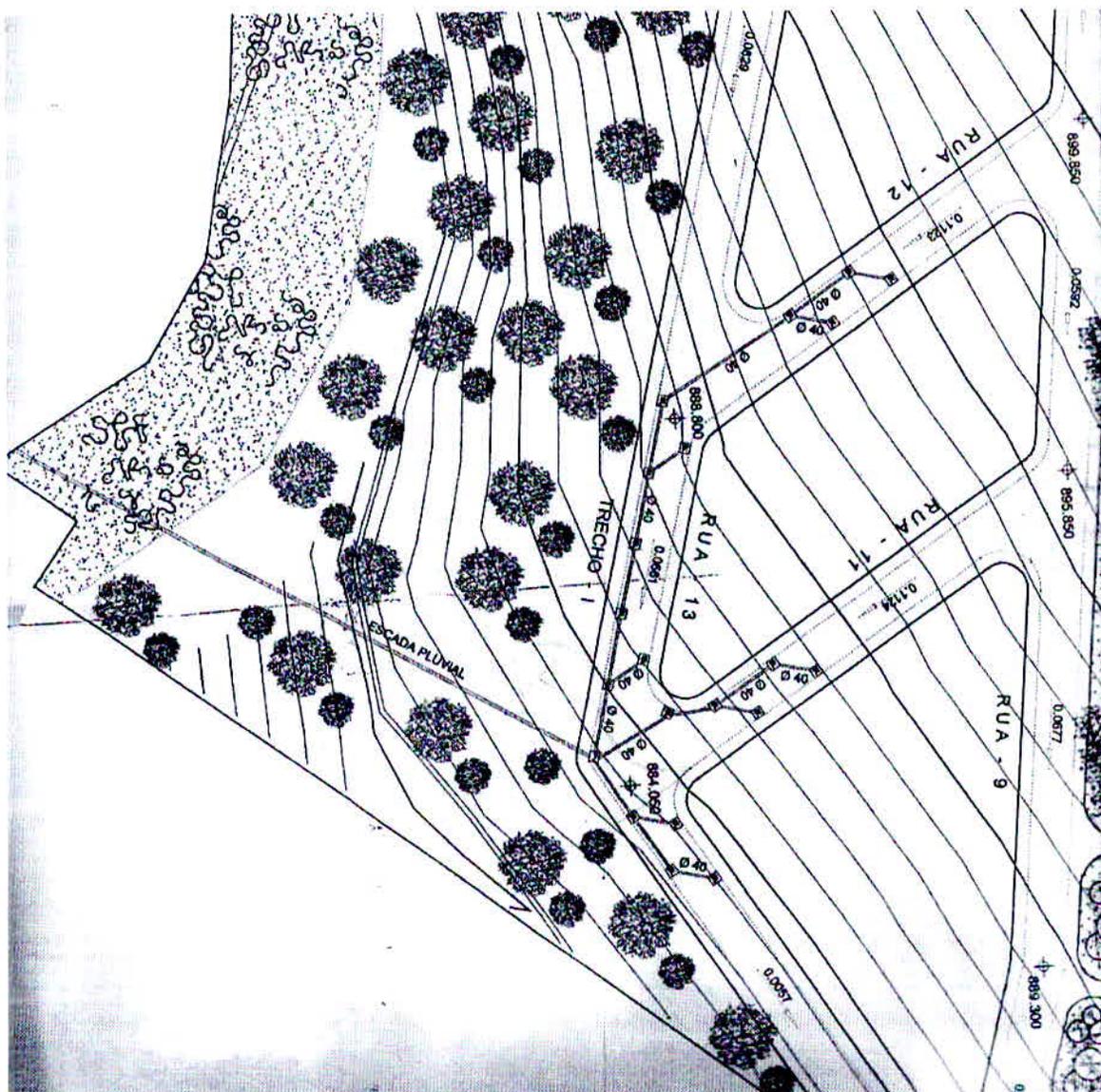
http://www.inmet.gov.br/webcdp/climatologia/normais/imagens/normais/planilhas/Precipitacao-Acumulada_NCB_1961-1990.xls

<http://lfg.jusbrasil.com.br/noticias/579330/passagem-forcada-e-servidao-sao-institutos-identicos-barbara-patricia-magalhaes-dos-santos>

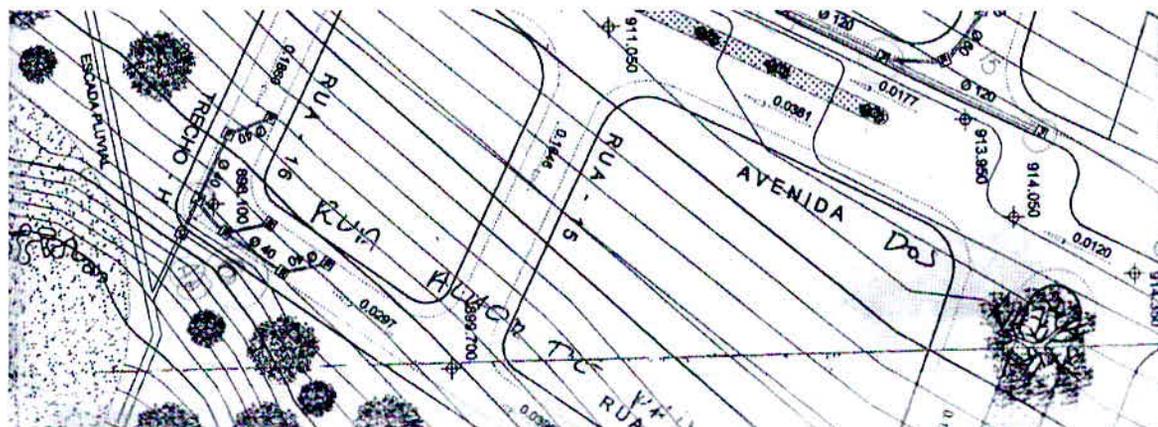
7 ANEXOS



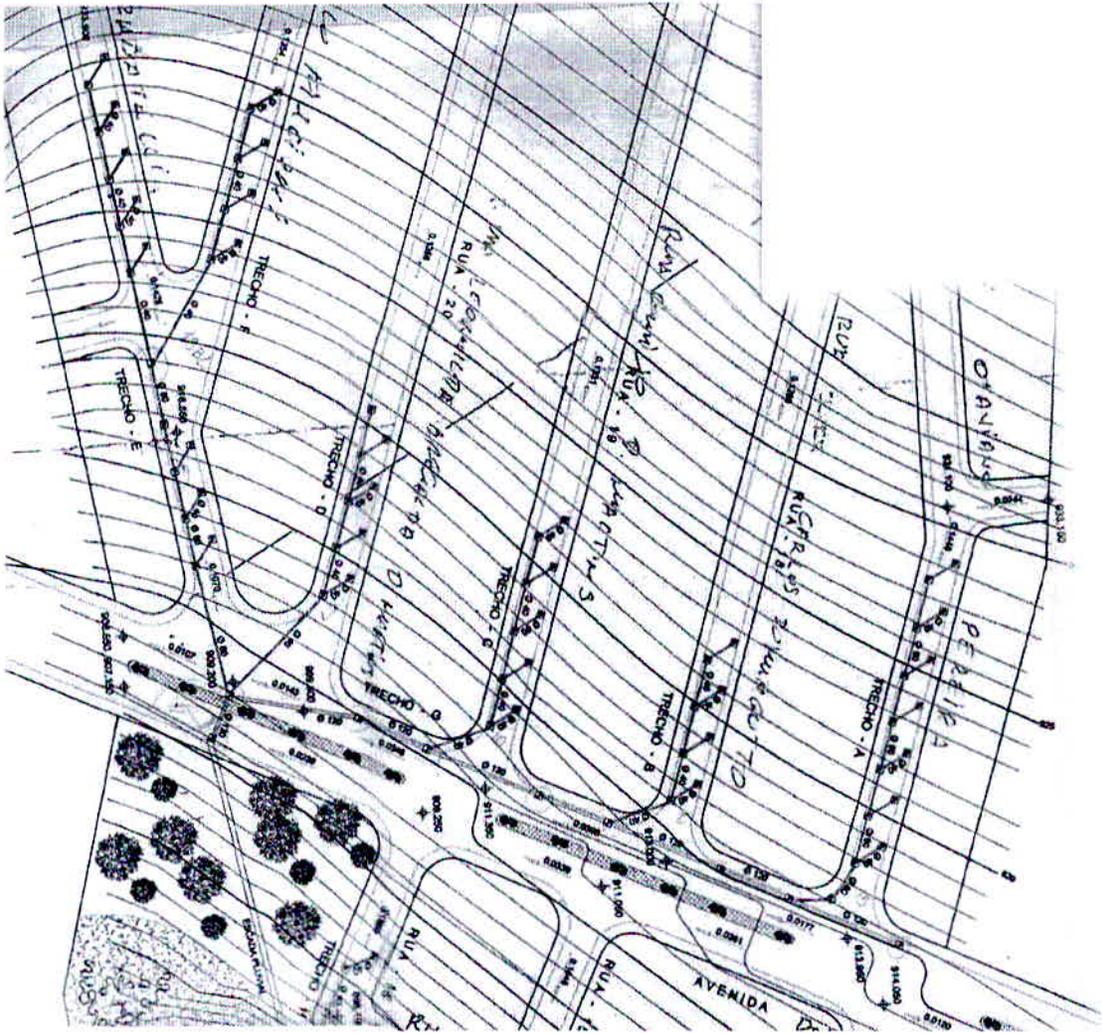
Anexo I : Projeto do sistema de drenagem do loteamento Sagrado Coração I. Trecho C.



Anexo 2 : Projeto do sistema de drenagem do loteamento Sagrado Coração I. Trecho B.



Anexo 3 : Projeto do sistema de drenagem do loteamento Sagrado Coração I. Trecho AA.



Anexo 4 : Projeto do sistema de drenagem do loteamento Sagrado Coração I. Trecho A.