

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR – MG
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL
SUZANE NAIARA TEIXEIRA

SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA: ESTUDO DE CASO PARA A
MACRODRENAGEM DO MUNICÍPIO DE ARCOS-MG

FORMIGA - MG

2014

SUZANE NAIARA TEIXEIRA

SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA: ESTUDO DE CASO PARA A
MACRODRENAGEM DO MUNICÍPIO DE ARCOS-MG

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil do UNIFOR-
MG, como requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em Engenharia Civil.
Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Kátia Daniela Ribeiro.

FORMIGA - MG

2014

T266 Teixeira, Suzane Naiara.
Sistemas de drenagem urbana : estudo de caso para
macrodrenagem do município de Arcos-MG / Suzane Naiara
Teixeira. – 2014.
83 f.

Orientadora: Kátia Daniela Ribeiro.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia
Civil)-Centro Universitário de Formiga–UNIFOR-MG, Formiga,
2014.

1. Macrodrenagem. 2. Drenagem urbana. 3. Arcos-MG. I.
Título.

CDD 627.4

SUZANE NAIARA TEIXEIRA

SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA: ESTUDO DE CASO PARA A
MACRODRENAGEM DO MUNICÍPIO DE ARCOS-MG

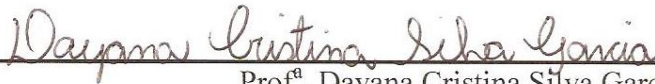
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil do UNIFOR-
MG, como requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em Engenharia Civil.
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Kátia Daniela Ribeiro.

BANCA EXAMINADORA



Prof^a. Dr^a. Kátia Daniela Ribeiro

Orientadora



Prof^a. Dayana Cristina Silva Garcia

FUNEDI/UEMG



Prof. Olávio José da Costa Neto

UNIFOR-MG

Formiga, 05 de Novembro de 2014.

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor da minha felicidade, meu guia, socorro presente na hora da angústia. À minha mãe Telma Teixeira Borges e ao meu pai Ildeu Teixeira da Silva pelo amor e carinho incondicionais, e à minha irmã Lisandra Cinara Teixeira.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela vida, pela oportunidade de cursar este curso e por tantas graças recebidas durante este período.

Agradeço aos meus pais, Ildeu e Telma, pela paciência, carinho e compreensão, por terem me proporcionado cursar engenharia civil e por sempre confiarem em mim.

Agradeço à minha irmã Lisandra, pelo companheirismo e paciência.

À professora orientadora, Dr^a. Kátia Daniela Ribeiro, por toda atenção e dedicação.

À Elaine Garcia Teixeira, minha chefe de trabalho, pela compreensão e liberação em momentos importantes para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço aos amigos que estão comigo na sala de aula, pela paciência, pelos momentos de alegrias e de crescimento. Agradeço também aos amigos que são de convívio profissional e pessoal, pela compreensão e paciência.

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de caso realizado para a macrodrenagem do município de Arcos-MG, localizada na Avenida Dr. João Vaz Sobrinho Trecho I e Trecho II, mais conhecidas como Avenida Sanitária Trecho I e Trecho II. De modo geral, a macrodrenagem contempla a estrutura mais importante da drenagem urbana, representando o maior custo de implantação, manutenção e determinando a segurança urbana contra enchentes. Portanto, este trabalho tem como objetivo analisar a capacidade de vazão das Avenidas Sanitárias de Arcos-MG, dentro do cenário atual de urbanização, com o intuito de avaliar possíveis deficiências na macrodrenagem do município, verificar uma possível solução para acabar com as enchentes atuais das Avenidas Sanitárias e analisar o plano diretor da cidade de Arcos, procurando levantar possíveis falhas e/ou incoerências. Para tanto, foram levantadas todas as informações de interesse para avaliação das vazões de projeto dos sistemas de micro e macrodrenagem do município, as quais foram confrontadas para avaliar se as Avenidas Sanitárias atendem às necessidades atuais da drenagem pluvial. Buscar soluções para os impactos ambientais existentes, controlar enchentes de forma econômica para o sistema público, proporcionar melhor trânsito em dias chuvosos e assegurar maior bem estar para a população é primordial para o desenvolvimento da cidade e das técnicas construtivas. Devido aos transbordamentos ocorridos nas estruturas de macrodrenagem de Arcos-MG, constatou-se a influência do Plano Diretor Urbano no dimensionamento desta superestrutura, verificando que o mesmo apresenta poucas informações relevantes quanto à drenagem urbana, as quais não orientam adequadamente quanto à solução de qualquer problema encontrado durante a execução dos sistemas de micro e macrodrenagem, ou mesmo problemas que surgirem depois que estas estruturas já estiverem prontas. Deste modo, é apresentado os cálculos da capacidade de vazão das estruturas da macrodrenagem de Arcos-MG, em relação à demanda de vazão dos bairros existentes. Com os resultados obtidos, pode-se afirmar que as estruturas de macrodrenagem de Arcos-MG, não têm capacidade para suportar toda a vazão provinda dos bairros. Desta forma, torna-se necessário, como possível solução ao problema, ampliar o canal das Avenidas Sanitárias Trecho I e Trecho II.

Palavras-chave: Macrodrenagem. Arcos-MG. Drenagem Urbana.

ABSTRACT

This paper presents a case study for macrodrainage at the municipality of Arcos-MG, Brazil, whose drainage's structures are located at Avenue Doctor João Vaz Sobrinho, Excerpts I and II, that are known as Sanitary Avenues Excerpts I and II. Macrodrainage contemplates the most important structure of urban drainage, represents the largest cost of deployment and maintenance, and determines the urban safety against flooding. Therefore, this paper aims to analyze the flow capacity of Sanitary Avenues at Arcos-MG, in the current scenario of urbanization, in order to assess possible problems in the local macrodrainage, check out a possible solution to end the current flood of the Sanitary Avenues and analyze the Municipal Master Plan looking for failures and / or inconsistencies. All the information of interest to evaluate the design flow of micro and macro drainage of the city were analyzed and compared to assess if the Sanitary Avenues are able to drain the current flooding. Find solutions to existing environmental impacts, control floods economically for the public system, provide better traffic on rainy days and ensure greater well-being for the population is important to development of the city and of the construction techniques. Due to overflow occurred in macrodrainage structures of Arcos-MG, it was verified the influence of Urban Master Plan in this superstructure's planning, observing that the Master Plan presents little information about urban drainage, which don't guide properly as the solution of any problem related at micro and macro drainage systems. Results still allowed confirming that macrodrainage structures of Arcos-MG don't have the capacity to support the flood provided by neighborhoods. Thus, it becomes necessary, as a possible solution to the problem, enlarge the channel of Sanitary Avenues Excerpts I and II.

Keywords: Macrodrainage. Arcos-MG. Urban Drainage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Imagem ilustrativa de uma bacia hidrográfica.....	18
Figura 2 – Guia	19
Figura 3 – Modelo de sarjeta	20
Figura 4 – Modelo de sarjetão	20
Figura 5 – Boca coletora sob passeio.....	21
Figura 6 – Galeria	21
Figura 7 – Poço de visita típico	22
Figura 8 – Caixa de Ligação.....	23
Figura 9 – Etapas do planejamento da macrodrenagem.	27
Figura 10 – Hidrogramas típicos de bacias de detenção.	31
Figura 11 – Avenida Sanitária Trecho I.....	33
Figura 12 – Avenida Sanitária Trecho II.....	34
Figura 13 – Avenida Sanitária.	43
Figura 14 – Avenida Sanitária.	52
Figura 15 – Avenida Sanitária.	52
Figura 16 – Avenida Sanitária.	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de período de retorno.	25
Tabela 2 – Coeficiente de deflúvio (C) de acordo com o revestimento da superfície.	36
Tabela 3 – Valores do coeficiente C.	36
Tabela 4 – Tempo de retorno e coeficiente de frequência.	37
Tabela 5 – Elementos geométricos de canais.	41
Tabela 6 – Coeficiente de rugosidade de Manning.	42
Tabela 7 – Velocidade de escoamento nos canais.	43
Tabela 8 – Vazões dos Sistemas de Microdrenagem.	48
Tabela 9 – Vazão que a Avenida Sanitária Trecho I recebe das bacias de contribuição.	49
Tabela 10 – Vazão que a Avenida Sanitária Trecho II recebe das bacias de contribuição.	50
Tabela 11 – Vazões das estruturas de Macro-drenagem.	50
Tabela 12 – Declividade de canais.	50
Tabela 13 – Solução para o Sistema de Macro-drenagem.	54

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	OBJETIVOS.....	12
2.1	Objetivo geral.....	12
2.2	Objetivos específicos	12
3	JUSTIFICATIVA	13
4	REFERENCIAL TEÓRICO	14
4.1	Drenagem Urbana.....	14
4.2	Consequências da Urbanização	15
4.3	Planos Diretores de Drenagem Urbana.....	16
4.4	Caracterização das bacias hidrográficas de contribuição.....	17
4.5	Sistemas de Drenagem Urbana.....	18
4.5.1	Sistema de Microdrenagem.....	18
4.5.1.1	Terminologias.....	19
4.5.1.1.1	Greide.....	19
4.5.1.1.2	Guia.....	19
4.5.1.1.3	Sarjeta	19
4.5.1.1.4	Sarjetões.....	20
4.5.1.1.5	Bocas Coletoras.....	20
4.5.1.1.6	Galerias	21
4.5.1.1.7	Condutos de Ligação	22
4.5.1.1.8	Poços de Visita	22
4.5.1.1.9	Trecho de Galeria	22
4.5.1.1.10	Caixas de Ligação.....	22
4.5.1.1.11	Condutos forçados e estações de bombeamento	23
4.5.1.2	Elementos físicos do projeto	23
4.5.1.3	Vazões de projeto para a microdrenagem.....	24
4.5.2	Sistema de Macrodrenagem	26
4.5.2.1	Dimensionamento da Macrodrenagem	28
4.5.2.1.1	Dimensionamento da Bacia.....	28
4.5.2.1.2	Dimensionamento do canal ou conduto.....	29
4.5.2.1.3	Dimensionamento de reservatórios de detenção	30

5	MATERIAL E MÉTODOS	33
5.1	Plano Diretor Urbano da cidade de Arcos-MG	34
5.2	Caracterização das bacias hidrográficas de contribuição.....	35
5.2.1	Cálculo da vazão de deflúvio superficial dos bairros	35
5.2.1.1	Determinação do coeficiente de escoamento superficial	35
5.2.1.1.1	Determinação do tempo de concentração	38
5.2.1.1.2	Determinação da intensidade máxima de precipitação.....	38
5.2.1.1.3	Determinação do Tempo de Retorno.....	39
5.2.1.1.4	Determinação da vazão da microdrenagem	39
5.3	Cálculo da capacidade de vazão das estruturas de macrodrenagem.....	40
5.4	Análise e interpretação dos dados	44
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
6.1	Análise do Plano Diretor do município de Arcos-MG	45
6.2	Vazões de microdrenagem.....	48
6.3	Capacidade de drenagem do sistema de macrodrenagem.....	49
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
	REFERÊNCIAS	56
	APÊNDICES.....	60

1 INTRODUÇÃO

A drenagem urbana tem como objetivo canalizar as águas pluviais para evitar danos e enchentes. Para que a drenagem urbana seja projetada de maneira precisa, é necessária a elaboração de um plano diretor. Este é um instrumento regulador que constitui estratégias que orientam a identificação das áreas que vão ser preservadas, o estudo da bacia hidrográfica de contribuição, a delimitação da várzea de inundação, a determinação de um período de retorno e é um referencial técnico e estratégico que pode ter intervenções do município.

O processo de urbanização nas cidades causa desmatamento, impermeabilização dos terrenos, aumento na quantidade de lixo produzido na cidade, aumento da vazão, modificações no sistema de drenagem já existente, ocupação das várzeas, alteração do curso natural de escoamento superficial e aumento da sua velocidade, alteração no clima e o tempo de concentração diminui. Todos esses fatores afetam principalmente a macrodrenagem existente, a qual corre o risco de não conseguir suportar toda vazão, provocando enchentes.

Para que as especificações do projeto de macrodrenagem não sofram alterações no futuro, é necessário prever no seu projeto, futuros loteamentos e escolher um período de retorno maior. Ao analisar estas questões, as galerias serão dimensionadas para suportar toda a capacidade exigida e os corpos receptores, tais como canais e rios canalizados, serão preparados para receber essa quantidade de água. Mas esse quesito situa-se em um contexto socioeconômico, dependendo da decisão em esferas políticas.

Este trabalho apresenta um estudo de caso sobre as Avenidas Dr. João Vaz Sobrinho Trecho I e Trecho II, mais conhecidas como Avenidas Sanitárias Trecho I e Trecho II, situadas no município de Arcos-MG. A urbanização desta cidade vem crescendo cada dia mais e, atualmente, foram implantados bairros novos, ainda pouco ocupados, ou seja, têm-se neles poucos lotes impermeabilizados.

E quanto ao risco de falha das estruturas de macrodrenagem do município, as enchentes já ocorreram antes mesmo da implantação e contribuição destes novos bairros. Desta forma, tem-se a hipótese de que daqui poucos anos, quando os bairros estiverem com todos os lotes ocupados por construções, estas avenidas não irão suportar toda a vazão. Logo, faz-se necessário analisar se estas estruturas têm capacidade de suportar toda a vazão provinda de todos os bairros existentes contribuintes para a vazão nas mesmas e obter uma possível solução para o problema atual.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar a capacidade de vazão das Avenidas Sanitárias de Arcos-MG, dentro do cenário atual de urbanização, com o intuito de avaliar possíveis deficiências na macrodrenagem do município.

2.2 Objetivos específicos

- Calcular a vazão que as Avenidas Sanitárias suportam;
- Calcular a vazão de contribuição dos bairros existentes;
- Analisar o plano diretor da cidade de Arcos, procurando levantar possíveis falhas e/ou incoerências;
- Verificar uma possível solução para acabar com as enchentes atuais das Avenidas Sanitárias.

3 JUSTIFICATIVA

O comportamento do escoamento superficial na cidade de Arcos-MG vem sofrendo alterações devido ao processo significativo de urbanização que causa principalmente a impermeabilização da superfície, aumentando, desta forma, a vazão nos sistemas de drenagem.

No referido município, o caminho percorrido pela água da chuva, tanto pela superfície das ruas quanto pelo sistema de microdrenagem da maioria dos bairros, encerra-se de forma natural no sistema de macrodrenagem constituído pela Avenida Sanitária Trecho I e Avenida Sanitária Trecho II, as quais, principalmente a do Trecho I, não conseguem suportar a capacidade atual exigida, provocando enchentes antes mesmo de direcionar toda a água pluvial para o canal final do sistema de macrodrenagem que é o rio dos Arcos existente.

Analisar todo esse acontecimento é importante para buscar soluções para os impactos ambientais existentes, controlar enchentes de forma econômica para o sistema público, proporcionar melhor trânsito em dias chuvosos e assegurar maior bem estar para a população. Identificar uma solução para os problemas urbanos apontados é primordial para o desenvolvimento da cidade e das técnicas construtivas.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Drenagem Urbana

Drenagem é um procedimento que tem como objetivo escoar as águas de terrenos encharcados, através de tubos, túneis, canais, valas e fossos, sendo factível recorrer a motores como auxílio ao escoamento. Estes canais podem ser naturais, como rios e córregos, ou podem ser artificiais como os de concreto armado ou simples ou até mesmo de gabiões. (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC, 2014).

Segundo Tucci (2000, p. 805), “drenagem é um complexo de medida que tem por finalidade diminuir o agravo causado pelas inundações, proteger a população e propiciar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, ágil e sustentável.”

Toda área que será utilizada para urbanização tem uma história de formação e conformação. A água pluvial nessas áreas faz transformações na sua vegetação, no curso de água, chegando-se em um ponto de equilíbrio de todo o sistema. Com a urbanização, todo este sistema em equilíbrio sofre alteração, aumentando o número de erosões e assoreamento dos córregos, alterando o curso e velocidade da água. A impermeabilização é o principal fator para o agravamento desses fenômenos.

As vazões pluviais (superficiais), que ocorrerão, serão então muito maiores que as que antes ocorriam, pois, antes, significativa parte das águas, ao cair, se infiltrava no terreno, e, agora, com a impermeabilização, a maior parte das águas corre pela superfície, sem poder se infiltrar. (BOTELHO, 2001, p. 18).

Segundo Villela (1975, p. 15), “o estudo das ramificações e do desenvolvimento do sistema é importante, pois ele indica a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica.”

A montante da bacia hidrográfica é canalizada através das sarjetas que conduzem o deflúvio até os bueiros. Este sistema de coleta é chamado de microdrenagem. Vários sistemas de microdrenagem direcionam toda a água para um único ponto, a macrodrenagem, onde esta tem a função de conduzir todo o escoamento para a jusante, que são os rios ou córregos ali localizados.

“Poder-se-á dizer que todo curso de água tem enchente. Quando inundada é porque a urbanização falhou.” (BOTELHO, 2001, p. 20).

Os problemas gerados pela drenagem urbana podem ser solucionados através de uma política factível de drenagem urbana, uma política que determine a ocupação de várzeas de

inundação, recursos financeiros e soluções técnicas, que escolha uma empresa qualificada e com condições de implantar a obra, que crie e cumpra critérios, leis e normas; enfim, uma política que englobe entidades capazes de desenvolver as atividades de comunicação social e promover a participação coletiva. (CARDOSO NETO, 2014).

4.2 Consequências da Urbanização

O crescimento da urbanização traz consigo o principal problema que interfere na drenagem urbana, a impermeabilização da superfície. As torrentes passam a ter comportamento de escoamento superficial, o que produz maiores picos e vazões. Segundo Tucci, (2000, p. 806), “para os casos extremos, verifica-se que o pico da cheia numa bacia urbanizada pode chegar a ser 6 vezes maior do que o pico desta mesma bacia em condições naturais.”

Antes mesmo de impermeabilizar toda a superfície, os efeitos da urbanização começam com o desmatamento. Este causa maiores picos e volumes, maior número de erosões, assoreamento em canais e galerias e mudanças do equilíbrio do sistema existente.

Devido à grande demanda de pessoas, a quantidade de lixos produzidos é maior. Uma grande parte deste não é coletada e, juntando a falta de consciência de toda a população, pode haver entupimento de bueiros e galerias e degradação da qualidade da água pluvial. (CARDOSO NETO, 2014).

“As consequências da urbanização sobre o clima, contrariamente aos impactos hidrológicos, são de pequena escala, mas podem, ao longo prazo, introduzir alterações significativas no balanço hídrico.” (TUCCI, 2000, p. 807). “A umidade relativa do ar pode sofrer um acréscimo de até 8% e pode chegar a haver um aumento de 1°C na temperatura do ar, enquanto o aumento da nebulosidade pode atingir até 100%.” (CARDOSO NETO, 2014, p. 3).

Outro problema que deve ser citado são os defeitos em redes de esgotos existentes. Estes defeitos em época de enchentes podem causar degradação da qualidade da água e a transmissão de moléstias pela própria água.

“A urbanização tem também consequências não hidrológicas que interferem significativamente nas questões de drenagem urbana.” (TUCCI, 2000, p. 807). Para executar um loteamento, são necessárias condições técnicas suficientes para que não haja problemas futuros, sendo indispensável analisar se a área tem condições e se é liberada para construções. Atualmente, mesmo com o conhecimento de que algumas áreas não têm condições suficientes

para ser construídas, o número de favelas em grandes centros urbanos, vem crescendo cada vez mais, o que dificulta a construção de canalizações e eliminação de áreas de armazenamento. (TUCCI, 2000).

Rios existentes devem ter sua área de inundação delimitada, a qual é conhecida também como várzea de inundação. Mas com o crescimento acelerado da urbanização junto com a falta de fiscalização, possibilita a ocupação destas, causando grandes picos, transtornos à população e maiores custos para o setor público.

Além de todos os aspectos causadores dos problemas nos centros urbanos, há também comportamentos políticos e administrativos que trazem consigo grandes consequências. Quando há um aumento acelerado da urbanização, cargos da administração local entram em disputa para conseguir recursos financeiros, fazendo com que prevaleça, quase sempre, a tendência de atuar corretivamente em pontos isolados. (CARDOSO NETO, 2014). “E políticas de médio e longo prazo são invariavelmente relegadas a segundo plano.” (TUCCI, 2000, p. 807). Com toda essa situação, as fiscalizações começam a falhar, ou então até mesmo nem existiram, as normas já não são utilizadas, agravando ainda mais a situação da urbanização.

4.3 Planos Diretores de Drenagem Urbana

Pode-se dizer que um plano diretor não é nada menos que etapas básicas para a execução da macrodrenagem, as quais têm por objetivo ter uma visão ampla desta, possibilitando soluções eficientes diante de qualquer adversidade.

Por se constituir em um documento político importante, o plano diretor deve ser elaborado por equipes técnicas competentes que dominem as ferramentas tecnológicas adequadas a cada caso. Neste caso, é necessário o apoio dos poderes decisórios e da comunidade. (CARDOSO NETO, 2014).

Segundo Tucci (2000, p. 810),

No processo de planejamento de uma bacia urbana, é necessário identificar quais são as características físicas da bacia, “notadamente daquelas que influenciam os deflúvios (*run-off*)” (WANIELISTA; YOUSEF, 1993¹, *apud* CANHOLI, 2005, p. 27)², a localização dos divisores de água que separam as bacias hidrográficas, a área de drenagem de uma bacia e a classificação desta quanto ao porte. Diante dessas características, é possível localizar a várzea de inundação e delinear-la, pois são áreas de escoamento e armazenamento natural, simular o comportamento hidrológico da bacia para condições atuais e futuras e finalmente identificar medidas estruturais e

¹ WANIELISTA, M. P.; YOUSEF, Y. A. **Stormwater management**. Nova York: John Wiley & Sons, 1993.

² CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

não-estruturais que serão necessárias ser tomadas. Para que realizem essas medidas, é necessário analisar os resultados de diferentes políticas de atuação e quantificar os efeitos da aplicação do plano em termos de custos, benefícios e eficiência da realização dos seus objetivos.

Em centros de urbanização, há vários tipos de subsistemas como de abastecimento de água, o de esgotos sanitários, o viário, o energético, o de comunicações, e em meio a estes há o sistema de drenagem pluvial, o qual, segundo Tucci (2000, p. 811), é “muito mais complexo e deve ser articulado com os outros subsistemas.”

Para evitar enchentes e tantos outros problemas, é necessário que este plano diretor seja planejado, estudado e executado de forma clara e objetiva. A água pluvial requer espaço, e todo problema causado por esta geralmente é um problema de alocação de espaço.

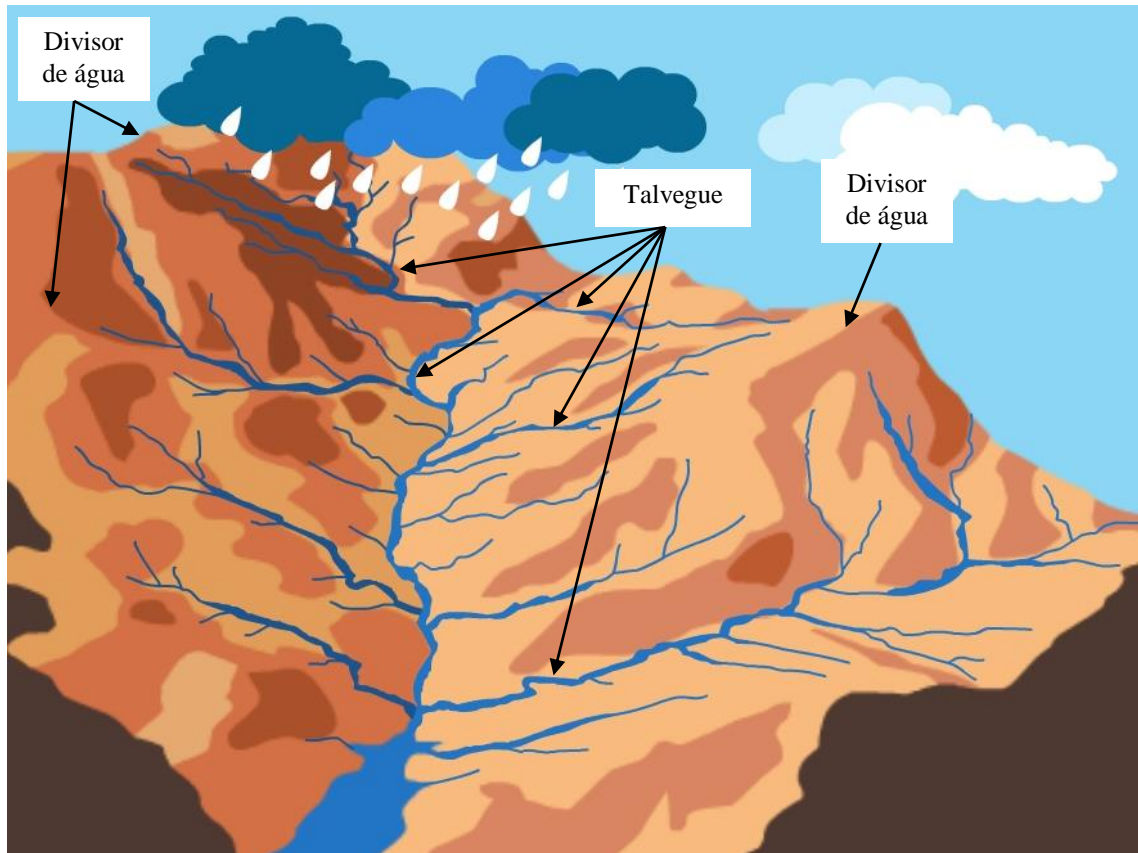
4.4 Caracterização das bacias hidrográficas de contribuição.

Bacia hidrográfica ou bacia de drenagem “é uma área drenada por um curso d’água ou por uma série de cursos d’água tal que toda vazão efluente seja descarregada através de uma só saída, na porção mais baixa do seu contorno.” (MENDONÇA, 2009, p. 16).

Para conhecer melhor uma bacia hidrográfica, é necessário discriminar as seguintes características:

1. Área de drenagem da bacia: “é a área geográfica sobre a qual as águas precipitadas, que escoam superficialmente, afluem à seção considerada.” (MENDONÇA, 2009, p. 16).
2. Divisores de água ou cumeeira: estes são linhas de separação ou pontos de cota máxima entre bacias hidrográficas, ou seja, delimitadoras de uma bacia (FIG 1).
3. Talvegues: este é um canal mais profundo, por onde percorre a água pluvial (FIG. 1).

Figura 1 – Imagem ilustrativa de uma bacia hidrográfica.



Fonte: <http://marcocruzdageo-leonidashorta.blogspot.com.br/>

Para obter mais informações sobre a bacia, é necessário analisar o plano diretor da cidade quanto ao tempo de retorno, regras para delinear uma várzea de inundação, etc.

4.5 Sistemas de Drenagem Urbana

A drenagem urbana é composta por dois sistemas: sistema de microdrenagem e sistema de macrodrenagem.

4.5.1 Sistema de Microdrenagem

A microdrenagem, segundo a Universidade Federal de Campina Grande – UFCG (2014a), “inclui a coleta e afastamento das águas superficiais ou subterrâneas através de pequenas e médias galerias, e todos os componentes do projeto para que tal ocorra.”

4.5.1.1 Terminologias

Um sistema de microdrenagem de águas pluviais é composto de uma série de unidades e dispositivos hidráulicos para os quais existe uma terminologia própria e cujos elementos mais frequentes são conceituados por UFCG (2014a) como greide, guia, sarjeta, sarjetões, bocas coletoras, galerias, condutos de ligação, poços de visita, trecho de galeria, caixas de ligação, condutos forçados e estações de bombeamento, sendo estes apresentados a seguir.

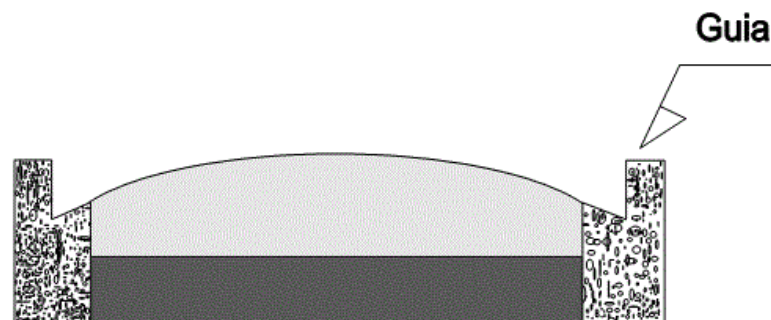
4.5.1.1.1 Greide

É a linha do perfil correspondente ao eixo longitudinal da superfície livre da via pública.

4.5.1.1.2 Guia

Conhecida como meio-fio, é a faixa longitudinal de separação do passeio com o leito viário, constituindo-se geralmente de peças de granito argamassados (FIG. 2).

Figura 2 – Guia

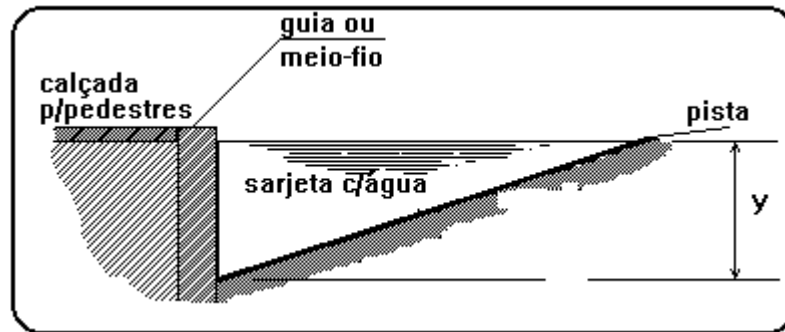


Fonte: <http://www.dynacal.com.br/coleta-de-amostras-de-solo.htm>

4.5.1.1.3 Sarjeta

É o canal longitudinal, em geral triangular, situado entre a guia e a pista de rolamento, destinado a coletar e conduzir as águas de escoamento superficial até os pontos de coleta. A FIG. 3 demonstra a localização da sarjeta.

Figura 3 – Modelo de sarjeta



Fonte: UFCG (2014a).

4.5.1.1.4 Sarjetões

Canais de seção triangular situados nos pontos baixos ou nos encontros dos leitos viários das vias públicas, destinados a conectar sarjetas ou encaminhar efluentes destas para os pontos de coleta (FIG. 4).

Figura 4 – Modelo de sarjetão

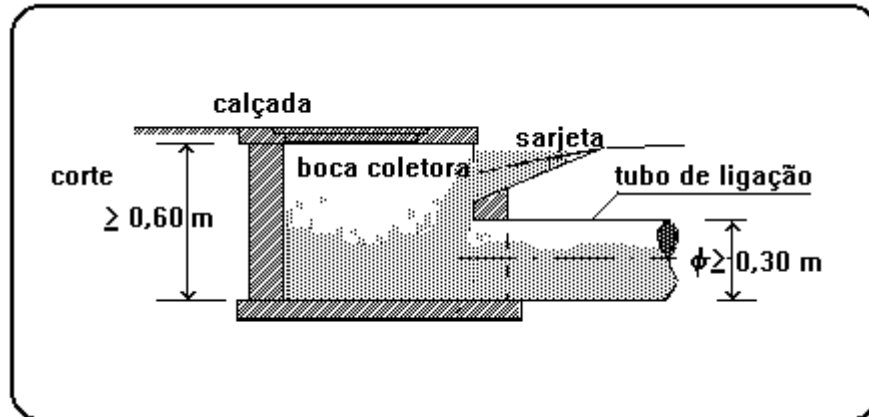


Fonte: <http://alotatuape.com.br/?p=4160>

4.5.1.1.5 Bocas Coletoras

Também denominadas de bocas de lobo, são estruturas hidráulicas para captação das águas superficiais transportadas pelas sarjetas e sarjetões; em geral, situam-se sob o passeio ou sob a sarjeta. A FIG. 5 demonstra a boca coletora sob passeio.

Figura 5 – Boca coletora sob passeio

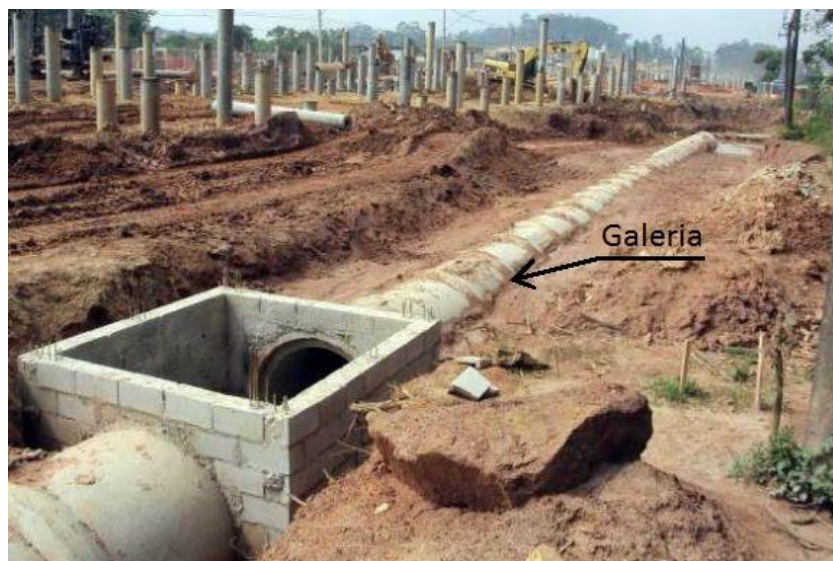


Fonte: UFCG (2014a).

4.5.1.1.6 Galerias

São condutos destinados ao transporte das águas captadas nas bocas coletoras até os pontos de lançamento, tecnicamente denominados de galerias tendo em vista serem construídos com diâmetro mínimo de 400 mm (FIG. 6).

Figura 6 – Galeria



Fonte: <http://www.csempreiteira.com.br/pt-br/projetos-exb.asp?gal=5>

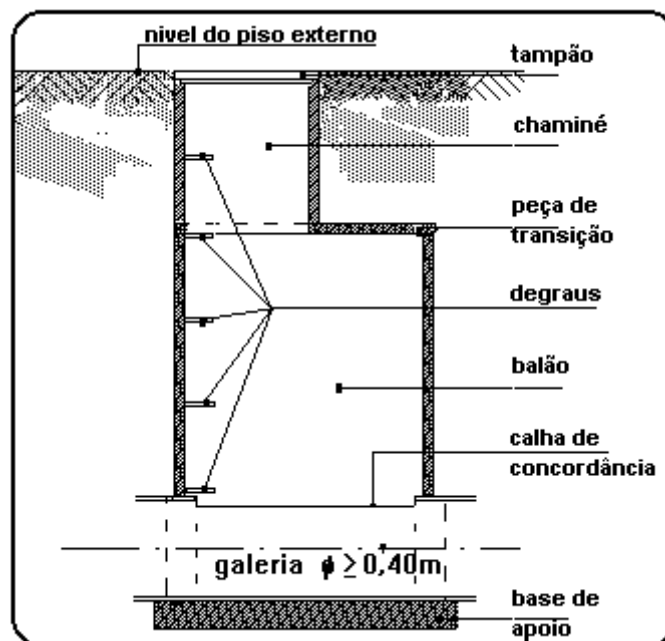
4.5.1.1.7 Condutos de Ligação

Também denominados de tubulações, são destinados ao transporte da água coletada nas bocas coletoras até as galerias pluviais (FIG. 5).

4.5.1.1.8 Poços de Visita

São câmaras visitáveis situadas em pontos previamente determinados, destinadas a permitir a inspeção e limpeza dos condutos subterrâneos. A FIG. 7 demonstra o poço de visita.

Figura 7 – Poço de visita típico



Fonte: UFCG (2014a).

4.5.1.1.9 Trecho de Galeria

É a parte da galeria situada entre dois poços de visita consecutivos.

4.5.1.1.10 Caixas de Ligação

Também denominadas de caixas mortas, são caixas de alvenaria subterrâneas não visitáveis, com a finalidade de reunir condutos de ligação ou estes à galeria (FIG. 8).

Figura 8 – Caixa de Ligação



Fonte: <http://www.allparkpoloempresarial.com.br/fotos-da-obra>

4.5.1.1.11 Condutos forçados e estações de bombeamento

Quando não há condições de escoamento por gravidade, para a retirada da água de um canal de drenagem para outro, recorre-se aos condutos forçados e às estações de bombeamento.

4.5.1.2 Elementos físicos do projeto

Para elaborar um projeto de rede pluvial de microdrenagem, é necessário providenciar algumas informações para maior excelência do projeto, assim como, plantas necessárias, empecilhos que podem interferir no projeto, ocupações existentes e a vazão total da bacia.

As plantas necessárias a se obter para melhor detalhamento são as de “localização estadual da bacia, da bacia em escala 1:5.000 ou 1:10.000, planta altimétrica da bacia em escala 1:1.000 ou 1:2.000, constando as cotas das esquinas e outros pontos importantes.” (CARDOSO NETO, 2014, p. 12). É necessário fazer o levantamento topográfico das esquinas, das mudanças de greides das vias públicas e as mudanças de direção.

Na execução, muitas vezes há empecilhos que travam a obra e impedem de continuá-la executando. Por este motivo, é necessário, antes de iniciar a execução, identificar pontos existentes que podem interferir no projeto, assim como, redes de esgoto, pluvial, de

eletricidade, de água, de telefone e, segundo Cardoso Neto (2014), é necessário identificar também os edifícios, as ferrovias e os canais.

As construções geralmente são caracterizadas como residenciais, comerciais e praças. Identificar qual dessas características farão parte dos futuros empreendimentos da urbanização contribui para identificar a porcentagem de ocupação do solo e, conseqüentemente, a vazão originada pela impermeabilização.

Outro fator importante para a elaboração do projeto é identificar a vazão total que a jusante irá receber.

4.5.1.3 Vazões de projeto para a microdrenagem

Vazão de projeto é o volume de água que escoia superficialmente pelas ruas, originado pela chuva. Calcular esta vazão possibilita dimensionar a microdrenagem adequadamente.

Para obras de microdrenagem, o método mais empregado em todo o mundo é o Método Racional, por ser o de mais fácil manipulação, mas, devido à sua natureza simplificada da tradução do fenômeno, não é recomendável para o cálculo de contribuições de bacias com áreas superiores a 1km². (UFCEG, 2014b).

O Método Racional leva em consideração a intensidade máxima de precipitação local e características da bacia de contribuição, como o tempo de concentração, área e impermeabilização dos terrenos.

A intensidade da chuva é a quantidade desta, por unidade de tempo, para um período de recorrência e duração previstos. Para obter essa informação, a partir de dados pluviométricos anotados ao longo de vários anos de observação de cada chuva, é feita uma análise de curvas que relacionam intensidade/duração/frequência. (UFCEG, 2014a).

O período de retorno ou intervalo de recorrência de um evento hidrológico, como a chuva, é o tempo médio, em anos, em que o evento hidrológico é igualado ou superado pelo menos uma vez. (BARBOSA JÚNIOR, 2014).

“A escolha do período de retorno para projeto de determinada obra de drenagem é feita em função do tipo e da importância da mesma para a população que a utiliza, e em função da sua localização e do seu entorno.” (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999, p.9).

Ao se decidir, portanto, que uma obra será projetada para uma vazão com período de retorno T anos, automaticamente, decide-se o grau de proteção conferido à população. Trata-se, portanto, de escolher qual o “risco aceitável” pela comunidade. Esse critério deve ser definido em esferas políticas, uma vez que são a comunidade e seus representantes que decidirão o grau de proteção desejável e o quanto estarão dispostos a pagar por ele. (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999, p.11).

Portanto, o que determina o tempo em que a população ficará segura quanto a enchentes é o período de retorno adotado para calcular toda a estrutura de drenagem. A TAB. 1 mostra as recomendações de qual período de retorno deve ser adotado para os diversos tipos de ocupação e tipo de obra.

Tabela 1 – Valores de período de retorno.

Tipo de obra	Tipo de Ocupação	Período de retorno (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
Microdrenagem	Comercial	5
Microdrenagem	Edifícios de serviços ao público	5
Microdrenagem	Aeroportos	2-5
Microdrenagem	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5-10
Macro-drenagem	Áreas comerciais e residenciais	50-100
Macro-drenagem	Áreas de importância específica	500

Fonte: ANDRADE FILHO, SZÉLIGA, SZESZ (2000).

Na estimativa da chuva de projeto para microdrenagem, é também necessário prever uma duração para a mesma. Adota-se, via de regra, uma duração igual ao tempo de concentração da bacia de contribuição. O tempo de concentração é, segundo Cardoso Neto (2014, p. 8), “o tempo necessário para que a água precipitada no ponto mais distante da bacia participe na vazão do fundo do vale.”

Para saber o valor do tempo de concentração, há vários métodos empíricos disponíveis: Fórmula de Kirpich, Fórmula da *Federal Aviation Agency*, Fórmula da Onda Cinemática, SCS Lag Fórmula, Método Cinemático do SCS e a Fórmula de Dooge (CARDOSO NETO, 2014). Cada um desses métodos foi desenvolvido para condições específicas de bacias de drenagem; logo, para seleção do método a ser utilizado, é necessário comparar as características da bacia de projeto a essas condições específicas e escolher aquele cujas condições mais se aproximam das condições reais de projeto.

A ocupação do terreno é um fator primordial para a estimativa da vazão de microdrenagem, sendo que o grau de impermeabilização do terreno pode ser identificado através do coeficiente de deflúvio superficial direto (C).

Este coeficiente exprime a relação entre o volume de escoamento livre superficial e o total precipitado. É por definição a grandeza, no método racional, que requer maior acuidade na sua determinação, tendo em vista o grande número de variáveis que influem no volume escoado, tais como infiltração, armazenamento, evaporação, detenção, etc, tornando necessariamente, uma adoção empírica do valor adequado. Na prática, ocorre de ser a área contribuinte composta de várias “naturezas” de superfície, resultando assim um coeficiente ponderado em função do percentual

correspondente a cada tipo de revestimento. (CENTRO DE ENSINO SUPERIOR DO AMAPÁ – CEAP, 2014).

4.5.2 Sistema de Macrodrenagem

A macrodrenagem, segundo a Prefeitura Municipal de Ijaci (2013), “envolve bacias geralmente com área superior a 2 km², onde o escoamento é composto pela drenagem de áreas urbanizadas e não urbanizadas.” Pode-se dizer que este sistema é o mais importante, pois é através dele que se controla as enchentes e se conduz as vazões de projeto dos sistemas de microdrenagem de um município.

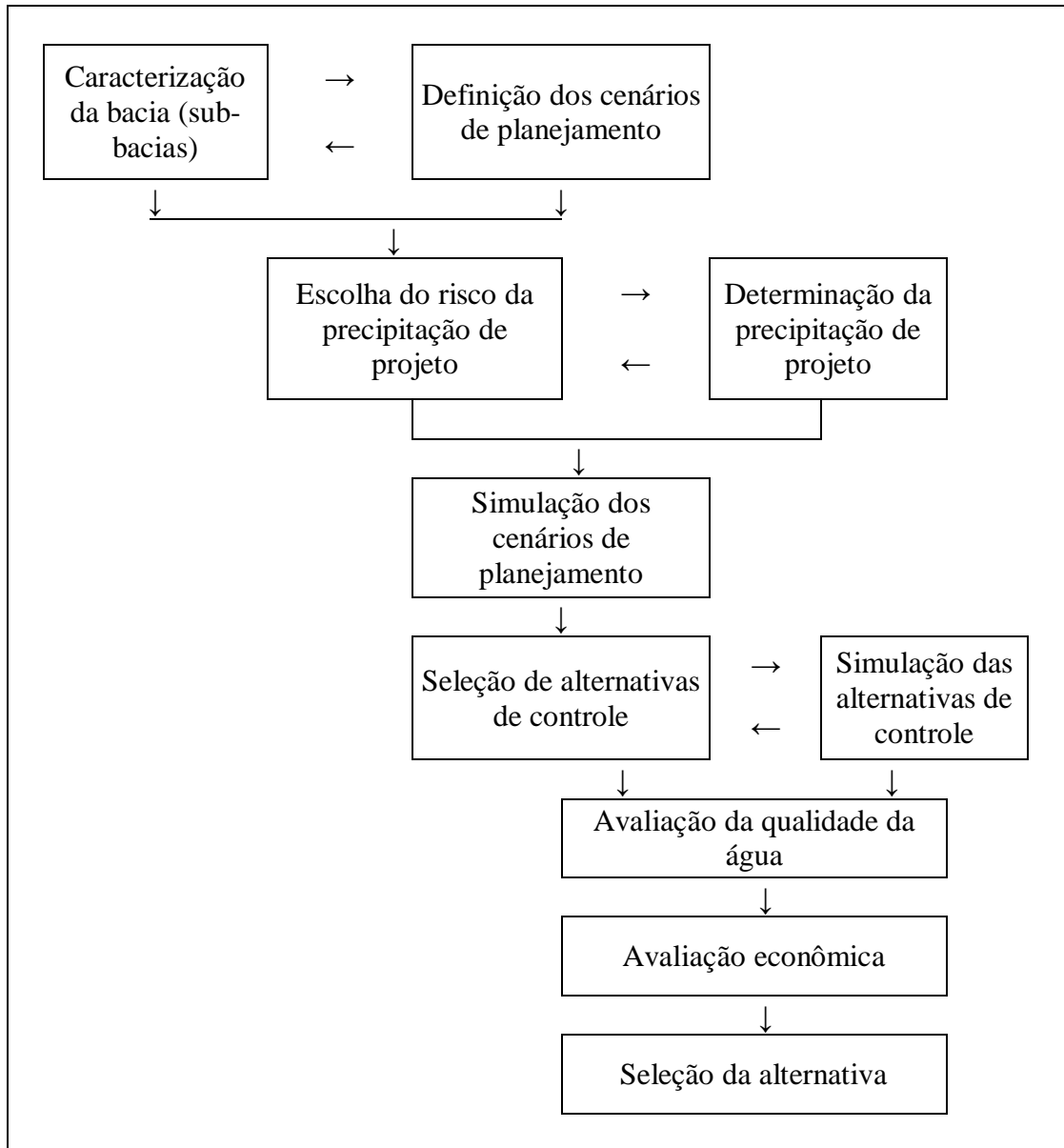
O sistema de macrodrenagem pode ser representado pela FIG. 9. Esta tem como objetivo mostrar as etapas do planejamento, dimensionamento e verificação desta superestrutura.

O seu planejamento é de suma importância para que haja uma melhor caracterização da bacia, identificando as características geológicas, o relevo, o tipo de solo, a forma de ocupação da população, identificar as direções de escoamento, as bacias que contribuem para a vazão total, obter o máximo de dados hidrológicos, assim como, precipitação, dados sobre as chuvas e a vazão do local.

Os cenários de planejamento, que são as áreas ocupadas que não foram previstas, áreas desocupadas parceladas e áreas que deverão ser parceladas futuramente, devem ser representados pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental do município. (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2005).

Nem sempre executar este sistema com segurança e qualidade implica menor custo de implantação e de manutenção. Geralmente, para maior segurança, é necessário, na escolha do risco de precipitação, um maior tempo de retorno e para este tipo de implantação o custo é bem alto. Após escolher a precipitação, é necessário fazer uma simulação da bacia hidrográfica quanto aos fenômenos naturais, em relação às redes de drenagem existentes ou projetadas. Para fazer esta simulação são feitos modelos hidrológicos, os quais têm a finalidade de compreender os fenômenos naturais dentro do sistema da bacia hidrológica, de modo que é montado um modelo para cada fenômeno e para cada local. A finalidade desta simulação é saber se o sistema de drenagem tem capacidade de comportar toda a vazão existente e a de projeto. (PREFEITURA MUNICIPAL DE IJACI, 2013).

Figura 9 – Etapas do planejamento da macrodrenagem.



Fonte: Adaptado de Prefeitura Municipal de Porto Alegre (2005).

Segundo a Prefeitura Municipal de Porto Alegre (2005, p. 107), “quando a situação for de verificação da capacidade das redes de drenagem, devem ser identificadas as limitações existentes no sistema e os locais onde ocorrem.” O mais importante nesta verificação é a busca para a solução do controle das vazões. Neste caso, devem-se buscar sempre soluções que não ultrapassem a capacidade de vazão da jusante, para que não haja mais enchentes nas ruas.

Ao analisar e definir as alternativas acima, faz-se necessário simulá-las para o risco e cenário definidos como meta. Nesta simulação, verifica-se a capacidade de evitar inundações

das ruas para riscos menores ou iguais ao de projeto. Esta verificação é feita para cenários atuais e futuros de ocupação. (VILLANUEVA; TASSI; ALLASIA, 2014).

Ao finalizar as simulações, para todas as medidas e ações adotadas, é necessário analisar a qualidade da água no início, no meio e no término do seu trajeto nas estruturas de drenagem. Geralmente, as causas mais conhecidas da degradação da água são os lixos gerados pela urbanização e redes de esgoto deficientes devido ao tempo de vida útil e por falhas na sua construção. Desta forma, faz-se necessário analisar esta temática para abster-se de possíveis moléstias de veiculação hídrica, entupimento de bueiros e galerias.

Uma vez que todas as diretrizes foram tomadas, é imprescindível avaliar a viabilidade econômica do sistema para que possa haver uma apreciação do método de drenagem, sendo possível com esta análise, propor mudanças em toda a estrutura.

Em função dos condicionantes, econômicos, sociais e ambientais, deve ser recomendada uma das alternativas de controle para o sistema estudado, estabelecendo etapas para projeto executivo, sequência de implementação das obras e programas que sejam considerados necessários. (DISTRITO FEDERAL, 2009).

4.5.2.1 Dimensionamento da Macrodrenagem

O dimensionamento da macrodrenagem consiste basicamente em determinar os parâmetros característicos de três itens básicos: bacia, canal (ou conduto) e reservatório. No caso das bacias, o dimensionamento refere-se aos principais processos de transformação da chuva em vazão. Posteriormente, a vazão de escoamento gerada nas bacias é transportada pelos canais e condutos através do sistema de drenagem, sendo que os canais podem ser naturais ou construídos. Os reservatórios destinam-se ao amortecimento das vazões geradas nas bacias, através do balanço entre os volumes de entrada e saída.

4.5.2.1.1 Dimensionamento da Bacia

Os processos hidrológicos que ocorrem na bacia são a precipitação, as perdas iniciais, a infiltração e o escoamento superficial. A precipitação é um dado hidrológico de entrada para o dimensionamento da macrodrenagem urbana, existindo as seguintes situações: precipitação de projeto e precipitação conhecida.

A precipitação de projeto da área estudada é determinada pelas seguintes etapas: escolha de um posto pluviográfico representativo da área em estudo; determinação do tempo de concentração da bacia; obter a duração total da chuva e o tempo de simulação; determinar o intervalo de tempo de simulação; determinar as precipitações máximas a partir da curva IDF

(intensidade-duração-frequência) e por fim, transformar a precipitação em vazão. (PREFEITURA MUNICIPAL DE JUIZ DE FORA, 2011).

Com relação aos processos de transformação da chuva em vazão, cada processo pode ser tratado por uma metodologia específica até a determinação final do escoamento superficial que será utilizado para o dimensionamento. Um dos modelos que tratam estes processos é o SCS (*Soil Conservation Service*). (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2005).

O modelo utilizado na bacia deve possuir condições de representar os cenários de urbanização (planejamento) além das condições de infiltração, dadas pelo tipo e uso do solo.

4.5.2.1.2 Dimensionamento do canal ou conduto

Segundo a Prefeitura Municipal de Porto Alegre (2005, p. 120) “os modelos de simulação do escoamento em galerias, canais e condutos em geral podem possuir as seguintes características:”

Modelo do tipo armazenamento: considera basicamente os efeitos de armazenamento no conduto ou canal, trasladando as ondas de cheias. Não considera efeitos de remanso no escoamento. Este tipo de modelo é útil para representar o escoamento de projeto, onde geralmente é definida a capacidade dos condutos, ou a primeira verificação da capacidade de escoamento no sistema de drenagem existente. O modelo mais utilizado na prática deste tipo é o de Muskingun-Cunge.

Modelo Hidrodinâmico: o modelo hidrodinâmico pode trabalhar à superfície livre ou considerar as condições de pressão dentro dos condutos. Este último considera todos os efeitos do escoamento dentro dos condutos como refluxo, remanso, ressalto, escoamento supercrítico e o escoamento sob-pressão de gradientes de pressão moderados. (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2005, p. 120).

No dimensionamento de canais, os elementos geométricos constituem propriedades da secção transversal do canal, as quais podem ser caracterizadas pela forma geométrica e pela altura de água. Estes elementos são indispensáveis ao dimensionamento hidráulico. No caso de secções simples e regulares, os elementos hidráulicos são expressos e relacionados entre si matematicamente em função da altura de água no canal. No entanto, no caso de secções mais complexas e não uniformes, como são os canais naturais, não há uma equação simples que possa correlacioná-los, uma vez que são variáveis. (COSTA, 2014).

Os principais elementos geométricos, conforme Costa (2014) são:

- a) Altura de água ou profundidade de escoamento (h): distância vertical entre a superfície livre e a base do canal.
- b) Área molhada (AM): área da secção transversal ocupada pela água.

- c) Perímetro molhado (PM): comprimento da linha de contato entre a água e as paredes e o fundo do canal.
- d) Raio hidráulico (Rh): resultado da divisão da área molhada pelo perímetro molhado.
- e) Inclinação dos taludes (λ): projeção horizontal/projeção vertical.
- f) Declividade do canal (I): referente ao fundo do canal e igual à tangente do ângulo de inclinação.
- g) Coeficiente de rugosidade (n): fornecido em tabelas, sendo função da natureza das paredes.

Um ponto importante a ser considerado no dimensionamento de canais é a velocidade de escoamento, que não deve ser excessiva a ponto de causar erosão no canal e nem demasiadamente baixa, para evitar problemas de sedimentação nos canais. A esse respeito, são recomendados valores de velocidade de escoamento variando de 0,76 m/s (terreno arenoso comum) a 6,00 m/s (concreto). (EVANGELISTA, 2014).

O planejamento, projeto e construção de um conduto estão condicionados por uma série de restrições de natureza variada. O projeto de um conduto em um sistema de drenagem urbana, por exemplo, depende de condições topográficas, geotécnicas, construtivas, de influência do sistema viário, existência de obras de arte, faixa de domínio, legislação, questões ambientais, etc. Todas estas condições de caráter não hidráulico/hidrológico limitam a liberdade do projetista no dimensionamento das seções. A seção do conduto deverá atender às vazões previstas, ser estável, ter baixo custo, atender aos critérios de segurança e legais, com a mínima interferência no ambiente. (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP, 2004).

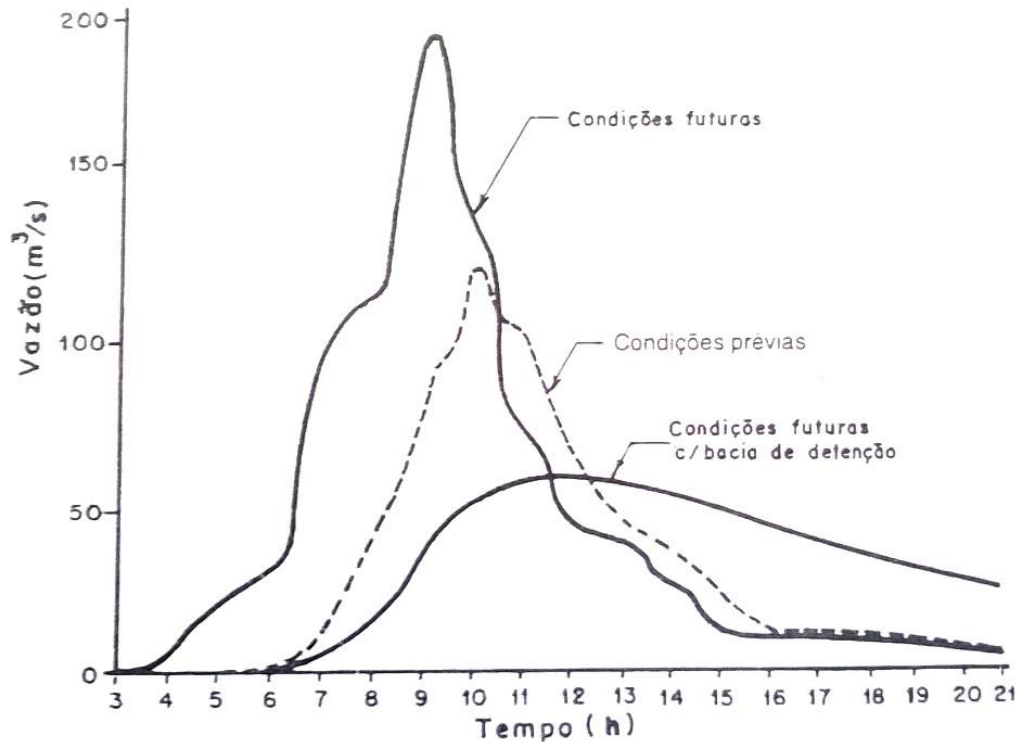
4.5.2.1.3 Dimensionamento de reservatórios de retenção

Segundo Tucci (2000, p. 838), “o armazenamento natural do escoamento superficial existe em várias formas, como: na vegetação; infiltração e armazenamento no subsolo; em pequenas depressões superficiais; nos cursos de água e nas várzeas de inundação.”

O reservatório de retenção é utilizado para armazenamento do volume de deflúvio superficial, por curtos períodos de tempo, para reduzir as vazões de pico. Este reservatório não reduz o volume de escoamento, ele apenas tem a finalidade de redistribuir as vazões ao longo de um período maior. (TUCCI, 2000).

Para melhor entendimento da finalidade de um reservatório de detenção, Tucci (2000, p. 389) demonstra, através da FIG. 10, o efeito deste sobre um hidrograma de cheia.

Figura 10 – Hidrogramas típicos de bacias de detenção.



Fonte: TUCCI (2000).

No dimensionamento de reservatórios de detenção, faz-se necessário o estudo da propagação em reservatórios que se destinam, basicamente, no conhecimento do amortecimento de cheias gerado durante o escoamento da vazão de projeto da macrodrenagem. O amortecimento de cheias permitirá que a vazão efluente seja menor que a vazão afluente. (CSOBI; MARTINS, 2014).

Com o amortecimento das cheias, todas as estruturas hidráulicas à jusante dos reservatórios serão projetadas para a vazão efluente (de saída), menor que a afluente (entrada); logo, isso implicará em maior segurança e economia no projeto. Tratando-se do dimensionamento de reservatórios de amortecimento, o método racional não deve ser utilizado pois, em projetos de macrodrenagem, normalmente as bacias de contribuição possuem área superior a 2 km², portanto, o método racional não é válido para essa condição. Neste caso, o dimensionamento deve ser feito conforme: 1) determinação dos hidrogramas de pré e pós-desenvolvimento, utilizando o procedimento de transformação chuva-vazão (Hidrograma do SCS), para obtenção da vazão afluente; 2) propagação do hidrograma em

reservatório utilizando o modelo de Puls, para obtenção da vazão efluente. (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2005).

No entanto, existem relações matemáticas que podem simplificar a determinação das vazões afluentes e efluentes, como a Fórmula de Mockus e a Fórmula de Giandotti (INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA – IPB, 2014), Fórmula de Loureiro (LANÇA; MARTINS; MENDES, 2005) e as equações de Urbonas e Glidden (CANHOLI, 2005).

Segundo Tomaz (2002), o projeto definitivo inclui a determinação do volume do reservatório de detenção, a profundidade média, a área ocupada, o custo e a relação custo/benefício.

O projeto executivo de um reservatório de detenção será finalizado com o cálculo das estruturas de saída, as quais determinarão as vazões efluentes dos reservatórios de detenção. (CANHOLI, 2005).

5 MATERIAL E MÉTODOS

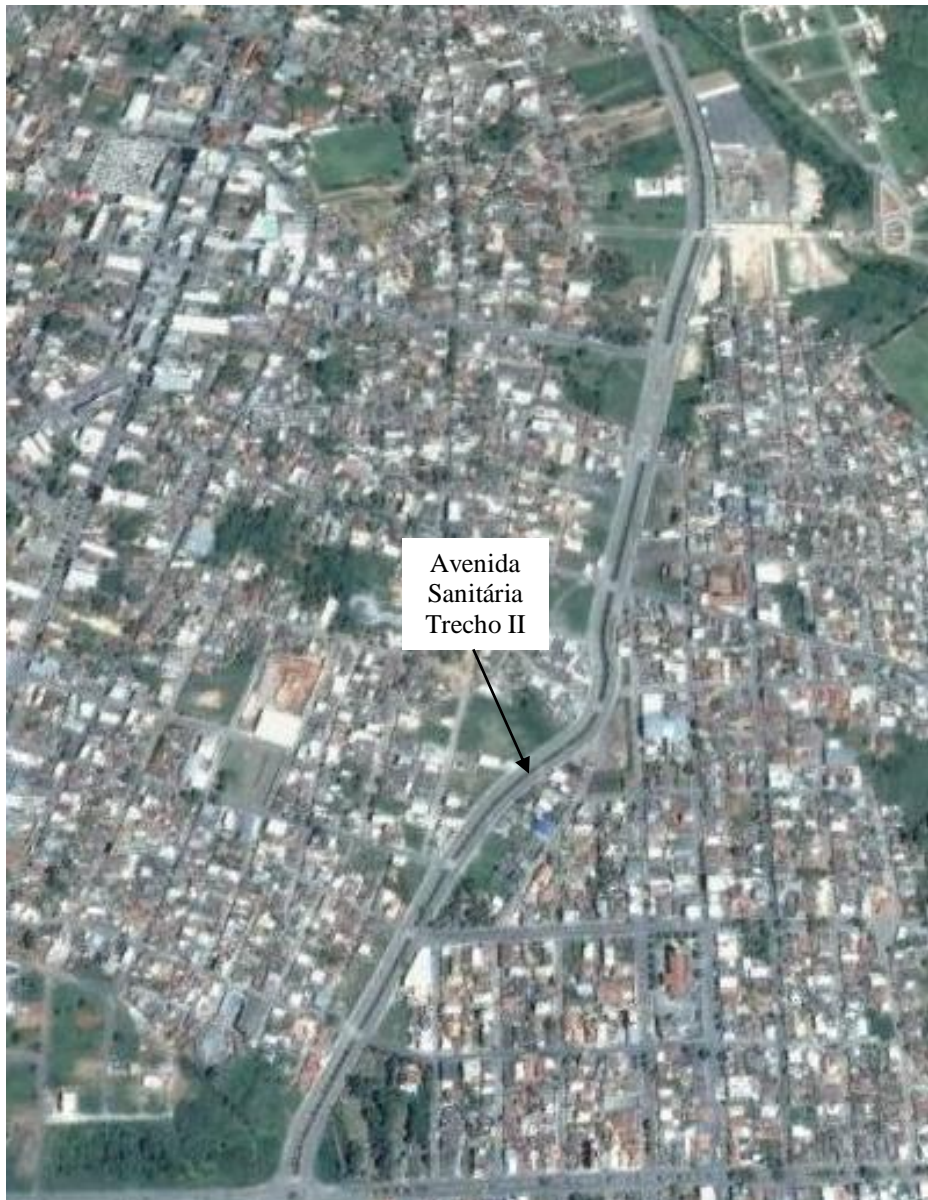
Os métodos utilizados no desenvolvimento deste trabalho basearam-se na coleta de projetos dos bairros existentes que influenciam na vazão das Avenidas Sanitárias, na avaliação do Plano Diretor Urbano do município, na análise dos resultados das vazões de contribuição dos bairros e das capacidades das Avenidas Sanitárias (FIG. 11 e 12) e averiguação se estas suportam toda a vazão originada pelos bairros atualmente, finalizando com a obtenção de uma possível solução para acabar com as enchentes ocorridas na macrodrenagem.

Figura 11 – Avenida Sanitária Trecho I.



Fonte: GOOGLE EARTH, 2014.

Figura 12 – Avenida Sanitária Trecho II.



Fonte: GOOGLE EARTH, 2014.

5.1 Plano Diretor Urbano da cidade de Arcos-MG

Para iniciar a análise das bacias e todos os cálculos, foi necessário primeiramente providenciar o Plano Diretor Urbano da cidade de Arcos-MG. Este foi obtido na Prefeitura Municipal desta cidade.

O Plano Diretor Urbano foi analisado quanto aos seguintes quesitos: parcelamento de solo; porcentagem de permeabilidade dos lotes; regras de delimitação de rios; detalhamento das bacias da cidade de Arcos-MG; período de retorno determinado; fórmulas empíricas adotadas para fazer os cálculos necessários da microdrenagem e da macrodrenagem;

escoamento e condicionantes de projeto; risco e incerteza; manutenção das estruturas de microdrenagem e macrodrenagem; dimensionamento de reservatório de detenção; amortecimento de cheia.

5.2 Caracterização das bacias hidrográficas de contribuição

A área da bacia hidrográfica é um elemento básico para o cálculo de outras características físicas da bacia.

A determinação da área da bacia hidrográfica foi realizada por meio de mapas topográficos. Para isto, foi preciso primeiramente, realizar o traçado do contorno da bacia, ou seja, estabelecer o traçado da linha divisora de águas que promove a separação das bacias vizinhas.

Após delimitar a bacia, a sua área foi determinada eletronicamente (cálculo computacional), uma vez que se dispunha dos mapas topográficos já digitalizados.

5.2.1 Cálculo da vazão de deflúvio superficial dos bairros

Para iniciar as observações e os cálculos, foi preciso ter em mãos os projetos urbanísticos e plantas planialtimétricas dos bairros de Arcos-MG que influenciam na vazão das Avenidas Sanitárias. Os projetos dos bairros Castelo, Novo Santo Antônio, Santa Cruz, Santo Antônio, Alto das Mangabeiras, Jardim das Mangabeiras, Brasília, Sion, Novo Sion, São Vicente, Oliveiras, Vila Boa Vista, Centro, Macedos, São José, Cidade Nova, Lourdes, São Pedro e Cidade Jardim foram obtidos na Prefeitura Municipal de Arcos-MG.

5.2.1.1 Determinação do coeficiente de escoamento superficial

Com os projetos urbanísticos dos bairros que deságuam nas avenidas sanitárias em mãos, analisou-se quais os tipos de revestimento da superfície de toda a bacia hidrográfica a ser estudada e seus coeficientes de escoamento para um período de retorno de até 10 anos, de acordo com as TAB. 2 e 3.

Tabela 2 – Coeficiente de deflúvio (C) de acordo com o revestimento da superfície.

Natureza da Superfície	Coeficiente "C"
Pavimentadas com concreto	0,80 a 0,95
Asfaltadas em bom estado	0,85 a 0,95
Asfaltadas e má conservadas	0,70 a 0,85
Pavimentadas com paralelepípedos rejuntados	0,75 a 0,85
Pavimentadas com paralelepípedos não rejuntados	0,50 a 0,70
Pavimentadas com pedras irregulares e sem rejuntamento	0,40 a 0,50
Macadamizadas	0,25 a 0,60
Encascalhadas	0,15 a 0,30
Passeios públicos (calçadas)	0,75 a 0,85
Telhados	0,75 a 0,95
Terrenos livres e ajardinados	
1) solos arenosos	
I < 2%	0,05 a 0,10
2% < I < 7%	0,10 a 0,15
I > 7%	0,15 a 0,20
2) solos pesados	
I < 2%	0,15 a 0,20
2% < I < 7%	0,20 a 0,25
I > 7%	0,25 a 0,30

Fonte: UFCG (2014b).

Tabela 3 – Valores do coeficiente C.

Superfície	C
Asfalto	0,70 - 0,95
Concreto	0,80 - 0,95
Tijolo	0,70 - 0,85
Calçada	0,75 - 0,85
Telhado	0,75 - 0,95
Gramado em solos arenosos	
Plano, 2%	0,05 - 0,10
Declive médio, 2 a 7%	0,10 - 0,15
Declive alto, 7%	0,15 - 0,20
Gramado em solos compactados	
Plano, 2%	0,13 - 0,17
Declive médio, 2 a 7%	0,18 - 0,22
Declive alto, 7%	0,25 - 0,35

Fonte: (American Society of Civil Engineers - ASCE, 1969).

Após analisar todos estes coeficientes, seus valores foram inseridos na equação 1 para obtenção de um valor único de coeficiente de deflúvio superficial representativo de toda a bacia de contribuição.

$$C = C_1 \cdot (\% \text{ existente no projeto} / 100) + C_2 \cdot (\% \text{ existente no projeto} / 100) + C_n \cdot (\% \text{ existente no projeto} / 100) \quad (1)$$

Em que C é o coeficiente de deflúvio final; C₁, C₂ e C_n são os valores dos coeficientes estabelecidos através das TAB. 2 e 3.

Considerando o comportamento natural da bacia, é de se esperar que o coeficiente varie com o tempo de retorno ou com a magnitude da enchente, pois com o aumento da intensidade, as perdas não continuam as mesmas e o coeficiente deve aumentar. (PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS – PUC-CAMPINAS, 2014, p.3)

Para levar em conta esta variação, foi utilizado um fator de correção (Cf) para o valor de C de acordo com o tempo de retorno, conforme TAB. 4.

Tabela 4 – Tempo de retorno e coeficiente de frequência.

Tempo de Retorno (anos)	Coeficiente de frequência (Cf)
2 a 10	1,00
25	1,10
50	1,20
100	1,25

Fonte: PUC-CAMPINAS, 2014, p.5.

Para determinar o coeficiente de deflúvio (C), foi realizado o seguinte procedimento:

1º - Analisaram-se quais os tipos de superfícies presentes nos bairros, como por exemplo, se as ruas são todas asfaltadas ou se são pavimentadas com paralelepípedos, assim como outro tipo de pavimentação; e a existência de áreas verdes, telhados, etc. Após analisar as naturezas das superfícies, identificou-se qual a sua porcentagem diante da área total do bairro. Estabeleceu-se a porcentagem de áreas livres e ajardinados nos lotes a partir das informações contidas no Plano Diretor da cidade de Arcos-MG, que cita que a taxa de permeabilidade do terreno mínima exigida é de 5% (cinco por cento) de área livre para imóveis com terreno com área igual ou inferior a 300m² (trezentos metros quadrados).

2º - Após identificar os tipos de revestimentos e sua porcentagem, utilizaram-se as TAB. 2 e 3 para identificar os valores de C para cada tipo de revestimento. Foi adotado o valor médio de

C para cada condição de revestimento.

3° - Com os valores de C determinados, inseriu-se os valores obtidos na equação 1 para obtenção de um único valor de coeficiente.

4° - Considerando a variação do coeficiente com o tempo, multiplicou-se o C obtido pelo Cf da TAB. 4 de acordo com o tempo de retorno adotado no projeto.

5.2.1.1.1 Determinação do tempo de concentração

Após determinar o coeficiente de escoamento, foi necessário determinar o tempo de concentração.

Este foi calculado através de método empírico, a Fórmula de Kirpich, representada pela equação 2, indicada para bacias não maiores que 0,5 km² e declividade entre 3 e 10%.

$$t_c = 3,989 \cdot (L^{0,770} / S^{0,385}) \quad (2)$$

Em que t_c é o tempo de concentração da bacia, em minutos; L é o comprimento do talvegue principal, em km; S é a declividade do talvegue principal, em m/km.

Segundo Martins (2012 p. 4), “a impermeabilização é responsável direta pelo aumento do escoamento superficial das bacias urbanas e pela redução do chamado tempo de concentração.”

5.2.1.1.2 Determinação da intensidade máxima de precipitação

Depois de calcular o tempo de concentração, foi necessário calcular a intensidade máxima de precipitação de projeto. Para tanto, foi utilizada uma expressão que representa a equação da chuva intensa local dada pela equação 3.

$$I = a \cdot TR^b / (t + c)^d \quad (3)$$

Em que I é a intensidade máxima da chuva, em mm/h; TR é o tempo de retorno, em anos; t é o tempo de duração da chuva, em minutos, que, segundo Canholi (2005), é igual ao tempo de concentração da bacia; a,b,c,d são os parâmetros empíricos de ajuste.

Os parâmetros empíricos de ajuste da equação de chuvas intensas local (equação 3) foram obtidos utilizando-se o *Software* Plúvio 2.1 disponibilizado pela Universidade Federal de Viçosa (UFV, 2014). Para o município de Arcos-MG, os valores encontrados foram: $a = 826,446$; $b = 0,194$; $c = 10,188$; $d = 0,742$.

5.2.1.1.3 Determinação do Tempo de Retorno

Os tipos de ocupação nas bacias da cidade de Arcos-MG são residencial e comercial. Conforme especificado na TAB. 1, o tempo de retorno utilizado para área residencial é de 2 anos e o tempo de retorno utilizado para área comercial é de 5 anos.

Analisando a evolução da cidade de Arcos quanto à forma de ocupação, pode-se observar que, anos atrás, onde hoje se encontra a área comercial era ocupado por casas, de modo que, até pouco tempo, ainda haviam algumas existentes e que hoje deram lugar a prédios ou a áreas comerciais mais simples. Desta forma, as atuais ruas comerciais fazem parte do conjunto de ruas antigas, tendo assim uma estrutura de drenagem antiga, dimensionada para suportar apenas as vazões geradas pelas residências existentes naquela época.

Diante de todas estas análises, o tempo de retorno adotado para todas as bacias com ocupação residencial e comercial foi o valor de 2 anos.

5.2.1.1.4 Determinação da vazão da microdrenagem

Com todas as informações obtidas acima, pode-se calcular a vazão de projeto da microdrenagem pelo Método Racional (equação 4).

$$Q = C \cdot I \cdot A / 3,6 \quad (4)$$

Em que Q é o deflúvio superficial direto em m^3/s ; C é o coeficiente de escoamento superficial (adimensional); I é a intensidade máxima para a precipitação ocorrida durante o tempo de concentração da bacia em estudo, em mm/h ; e A é a área da bacia de contribuição em km^2 .

As vazões de projeto da microdrenagem deságuam nas estruturas de macrodrenagem. Portanto, o Método Racional foi aplicado a cada bairro que contribui para a vazão das Avenidas Sanitárias e, posteriormente, estas vazões de microdrenagem foram somadas e

comparadas com a capacidade de vazão das Avenidas Sanitárias.

5.3 Cálculo da capacidade de vazão das estruturas de macrodrenagem

Para obter a vazão dos canais da macrodrenagem, segundo Pereira e Mello (2014), a equação utilizada foi a de Manning (equação 5) associada à equação da continuidade (equação 6).

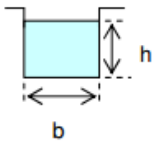
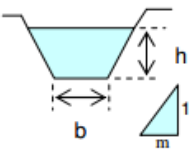
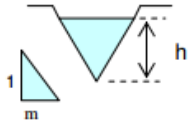
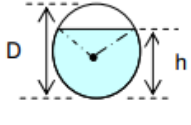
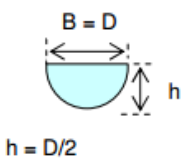
$$V = R^{2/3} \cdot i^{1/2} \cdot n^{-1} \quad (5)$$

$$Q = V \cdot A \quad (6)$$

Em que Q é a vazão em m³/s; A é a área da seção molhada em m²; n é o coeficiente de rugosidade de Manning (adimensional); V é a velocidade de escoamento em m/s; R é o raio hidráulico em m; e i é a declividade do fundo em m/m.

Para obter a área e o raio hidráulico, analisou-se a forma da seção (TAB. 5).

Tabela 5 – Elementos geométricos de canais.

Forma da seção	Área (A) (m ²)	Perímetro molhado (P) (m)	Raio hidráulico (R) (m)	Largura do Topo (B) (m)
	$b.h$	$b + 2.h$	$\left(\frac{A}{P}\right) = \frac{b.h}{b + 2.h}$	b
	$(b + m.h).h$	$b + 2.h.\sqrt{1 + m^2}$	$\frac{A}{P}$	$b + 2.m.h$
	$m.h^2$	$2.h.\sqrt{1 + m^2}$	$\frac{A}{P}$	$2.m.h$
	$\frac{1}{8}(\theta - \text{sen } \theta).D^2$ $\theta = \text{RAD}$	$\frac{\theta.D}{2}$	$\frac{1}{4}\left(1 - \frac{\text{sen } \theta}{\theta}\right).D$	$\left(\text{sen } \frac{\theta}{2}\right).D$
	$\frac{\pi.D^2}{8}$	$\frac{\pi.D}{2}$	$\frac{D}{4} = \frac{h}{2}$	$D = 2.h$

Obs.: $\theta = 2.\arccos\left(1 - 2.h/D\right)$, onde θ deve ser calculado em **radianos**.

Fonte: PEREIRA e MELLO (2014).

Conforme a necessidade de dados para realizar os cálculos acima, foi necessário determinar as dimensões das Avenidas Sanitárias e sua declividade.

Para obter as dimensões, foi necessário ir ao local onde se encontram as Avenidas Sanitárias para medir suas profundidades e larguras. Devido à sua grande extensão e desuniformidade, foi necessário obter as medidas a cada quarteirão para poder fazer uma média das medidas para que o valor encontrado fosse o mais preciso possível. Quanto ao seu comprimento, foi obtido através do projeto eletrônico adquirido na prefeitura.

Já a declividade das Avenidas Sanitárias foi obtida através da equação 7.

$$i = DN / DH$$

(7)

Em que i é a declividade em m/m; DN é o desnível total da Avenida Sanitária (diferença entre as cotas máxima e mínima) em m; DH é comprimento da Avenida Sanitária em m.

Para obter o valor de n (coeficiente de rugosidade de Manning), que depende do tipo de revestimento do canal, foi utilizada a TAB. 6.

Tabela 6 – Coeficiente de rugosidade de Manning.

Revestimento do Canal	n
Concreto com bom acabamento	0,012
Asfalto suave (de textura lisa)	0,013
Asfalto de textura áspera	0,016
Concreto ou argamassa de cimento acabado com espalhadeira	0,014
Concreto ou argamassa de cimento alisado manualmente	0,016
Concreto ou argamassa de cimento com acabamento áspero	0,020
Paralelepípedos argamassados	0,020
Argila compactada	0,030
Pouca vegetação	0,020
Vegetação densa	0,350
Vegetação densa e floresta	0,400

Fonte: TUCCI (2000).

As calhas das Avenidas Sanitárias foram construídas com concreto de cimento, tendo este um acabamento áspero. Desta forma, o valor do coeficiente de rugosidade de Manning adotado para este tipo de revestimento da estrutura da macrodrenagem é de 0,02.

Conforme já mencionado anteriormente, é interessante avaliar o valor de V (velocidade de escoamento), pois uma velocidade muito baixa provoca a sedimentação de partículas no canal e uma velocidade excessiva pode provocar a deterioração do mesmo. Além disso, se a vazão de escoamento no canal for excessiva, ter-se-á que se investir em estruturas dissipadoras de energia na saída do canal para evitar processos erosivos (se o deságue for no solo) e/ou transbordamento de reservatórios ou canais finais. Para avaliação da adequacidade dos valores de velocidade de escoamento, adotou-se como velocidade máxima permitida o valor de 6 m/s, de acordo com a TAB. 7.

Tabela 7 – Velocidade de escoamento nos canais.

Material	Velocidade máxima (m/s)
Terreno Arenoso Comum	0,76
Terreno de Aluvião	0,91
Terreno Argila Compactada	1,14
Cascalho grosso, Pedregulho, Piçarra	1,83
Alvenaria	3,00
Concreto	6,00

Fonte: PEREIRA e MELLO (2014).

A determinação da capacidade das avenidas sanitárias foi feita, então, pelo seguinte processo:

1° - Primeiramente, identificou-se o formato do canal da Avenida Sanitária, sendo este retangular (FIG. 13). Desta forma, calculou-se a área e o raio hidráulico.

Figura 13 – Avenida Sanitária.



Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

2° - Determinou-se o coeficiente de rugosidade de Manning (n), disponibilizado na TAB. 5, o qual se baseia no tipo de revestimento do canal.

3° - Através dos projetos disponibilizados (plantas topográficas planialtimétricas), determinou-se a declividade média das Avenidas Sanitárias.

4° - Com os dados acima, foi aplicada a equação de Manning (equação 5), obtendo-se a velocidade de escoamento nas Avenidas Sanitárias. Esse valor foi comparado com a TAB. 7 para verificar sua adequação às recomendações de projeto.

5° - Por fim, foi aplicada a equação da continuidade (equação 6) para determinar qual a vazão que as Avenidas Sanitárias suportam.

5.4 Análise e interpretação dos dados

Ao finalizar todos os cálculos e análises necessários, os valores de vazões dos bairros (microdrenagem) foram comparados aos valores de vazões obtidas para as Avenidas Sanitárias (macrodrenagem) de maneira a verificar se as Avenidas Sanitárias Trecho I e II têm capacidade de suportar a vazão exigida atualmente.

Diante das verificações obtidas nas comparações e com base nas informações do Plano Diretor Urbano do município de Arcos-MG, foram avaliadas possíveis soluções para que um eventual excesso de água pluvial não cause mais enchentes.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Análise do Plano Diretor do município de Arcos-MG

O Plano Diretor de Drenagem Urbana de um município tem a finalidade de direcionar a execução de um projeto de microdrenagem e de macrodrenagem de forma correta, baseando-se na segurança da população e no menor custo possível.

O município de Arcos-MG não possui um plano diretor específico para a drenagem urbana, e sim, um plano diretor global, geral, que apresenta especificações gerais quanto a todos os sistemas operacionais do município.

No Plano Diretor do município de Arcos-MG, os artigos relacionados à drenagem urbana são os artigos 21, 22, 26, 27, 59 e 60, os quais são descritos abaixo.

O Artigo 21 fala que as Áreas de Proteção Ambiental de Arcos compreendem: faixas marginais de proteção de rios e córregos, e outras estabelecidas pela legislação aplicável; áreas de entorno de nascentes, estabelecidas pela legislação ambiental em vigor; áreas de preservação permanentes integrantes do Código Ambiental, consideradas patrimônio natural.

O Artigo 22 cita que as faixas marginais de proteção de rios e córregos, as áreas de entorno das nascentes, serão consideradas áreas não edificantes, e as florestas e demais formas de vegetação natural nelas situadas serão consideradas de preservação permanente.

O Artigo 27 fala que os parcelamentos devem atender às seguintes condições: é obrigatória a reserva e faixas *non aedificandae* estabelecidas com fundamento em parecer técnico: ao longo de águas correntes ou dormentes, com largura mínima de 30,00 m (trinta metros) em cada lado, a partir da margem; num raio mínimo de 50 m (cinquenta metros) ao redor de nascentes ou olhos d'água, ainda que intermitentes; o plano de arruamento deve ser elaborado considerando as condições topográficas locais e observando as diretrizes do sistema viário e a condição mais favorável à insolação dos lotes.

Analisando estes três Artigos, observa-se que, quanto à proteção de rios e córregos, existem larguras mínimas para cada lado destas áreas de proteção para que possa haver parcelamentos. Ao lado do rio existente na cidade de Arcos-MG, foram construídas ruas e avenidas. Quando se passa por essas ruas e avenidas, é possível observar que a distância entre elas e o rio não estão de acordo com as informações citadas nestes artigos.

O Artigo 26 diz que não é permitido o parcelamento do solo em terrenos: sujeito as inundações, enquanto não forem tomadas providências que assegurem o escoamento das águas; naturais com declividade superior a 47% (quarenta e sete por cento); nas áreas

degradadas ou naquelas em que seja tecnicamente comprovado que as condições geológicas não aconselham a edificação; contíguos a mananciais, cursos d'água, represas e demais recursos hídricos, sem a prévia manifestação dos órgãos competentes; terrenos alagadiços.

Quanto à declividade máxima citada acima, as bacias delimitadas neste estudo (APÊNDICE A) tiveram no máximo 9,55% de declividade. Referindo-se à área que não tem condições geológicas para edificação e terrenos alagadiços, também não há fiscalização para este artigo, pois a própria macrodrenagem da cidade de Arcos-MG foi construída em um brejo. Devido a isto, a possibilidade de ocorrer enchentes é muito maior.

O Artigo 59 exprime que a taxa de permeabilidade do terreno mínima exigida será de 5% (cinco por cento) de área livre para imóveis com terreno com área igual ou inferior a 300m² (trezentos metros quadrados); e de 10% (dez por cento) de área livre para imóveis com terreno com área superior a 300m² (trezentos metros quadrados). Parágrafo único - Estarão isentos da taxa de permeabilidade do terreno mínima os imóveis que apresentarem solução técnica que viabilize a infiltração das águas pluviais, devidamente aprovado na concessionária responsável pelo abastecimento de água e esgoto, e conforme modelo a ser definido por regulamentação.

Alguns lotes na cidade de Arcos-MG não têm nenhuma taxa de permeabilidade e nem solução técnica que viabilize a infiltração das águas pluviais; já outros, que têm área igual ou inferior a 300m², têm mais de 10% de permeabilidade. Mais uma vez, pode-se afirmar que este não cumprimento quanto à porcentagem de permeabilidade é devido à falta de fiscalização e de conhecimento da população quanto a essas informações.

O Artigo 60 relata que para qualquer edificação, reforma, acréscimo ou regularização nos imóveis situados na Zona de Adensamento Prioritário, prevista na Lei do Plano Diretor de Arcos, será exigida a execução de poço de infiltração das águas pluviais, que poderá ser executado dentro do lote ou no passeio em frente ao lote, mediante consulta à concessionária responsável pelo abastecimento de água e esgoto.

Através do material disponibilizado para a realização dessa pesquisa, não foi possível averiguar se o Artigo 60 é praticado. Todavia, levando-se em conta que os demais artigos apresentados não são praticados, tendenciosamente pode-se inferir que o Artigo 60 também não esteja sendo fiscalizado e que a população não tenha conhecimento do mesmo.

Analisando os artigos citados juntamente com os quesitos apontados na metodologia para análise do Plano Diretor, pode-se perceber que apenas alguns dos quesitos foram citados neste Plano Diretor.

Averiguando o Plano Diretor da cidade de Arcos-MG, observou-se que o mesmo apresenta poucas informações relevantes quanto à drenagem urbana, as quais não orientam adequadamente quanto à solução de qualquer problema encontrado durante a execução dos sistemas de micro e macrodrenagem, ou mesmo problemas que surgirem depois que estas estruturas já estiverem prontas.

Comparando o Plano Diretor da cidade de Arcos-MG com os das cidades de Juiz de Fora-MG, São Paulo-SP, Distrito Federal e Porto Alegre-RS (planos diretores citados ao longo do desenvolvimento deste trabalho e que serviram de base para concepção do mesmo), pode-se perceber quão aquém está o Plano Diretor de Arcos-MG, visto que o mesmo não orienta quanto a informações de extrema relevância como o período de retorno que deve ser adotado, quais as fórmulas empíricas que devem ser adotadas para fazer todos os cálculos dos sistemas de macro e microdrenagem, e todas as diretrizes necessárias. Desta forma, pode-se aferir que, para a elaboração do Plano Diretor da cidade de Arcos-MG, não foi feita uma análise profunda da drenagem urbana envolvendo uma equipe técnica competente.

Analisando a cidade de Arcos-MG quanto à urbanização, observa-se que a população vem crescendo cada dia mais devido ao processo natural, migração de pessoas que moravam em áreas rurais, e também devido às empresas localizadas na própria cidade que estão trazendo pessoas de outras cidades. Desta forma, está crescendo junto com a população a quantidade de lixo produzido, a quantidade de áreas impermeabilizadas, ocasionando maiores picos de vazões e maiores intervenções nas várzeas de inundação.

Há alguns anos atrás, a maioria das ruas de Arcos eram pavimentadas com paralelepípedos, e, atualmente, em todos os loteamentos novos, as ruas estão sendo asfaltadas. Deve-se ressaltar também que as ruas existentes feitas com paralelepípedos estão sendo reformadas, tendo sua cobertura superficial substituída por asfalto. Desta forma, o número de superfícies impermeabilizadas está aumentando cada dia mais e conseqüentemente, a quantidade de vazão a ser coletada pelas estruturas de micro e macrodrenagem tende a aumentar significamente.

Deve-se ressaltar que essas alterações possivelmente não foram consideradas diante de projetos de drenagem urbana já realizados no município, pois essas mudanças da cobertura superficial das ruas estão ocorrendo recentemente, e as enchentes ocorridas na macrodrenagem da cidade de Arcos já haviam ocorrido antes dessas alterações superficiais. Sendo assim, é possível afirmar que não houve nenhuma pesquisa para se fazer este tipo de alteração.

6.2 Vazões de microdrenagem

A TAB. 8 apresenta as vazões de microdrenagem estimadas para os bairros do município de Arcos-MG. (Maiores detalhes quantitativos das bacias podem ser vistos nos APÊNDICES B ao R).

Tabela 8 – Vazões dos Sistemas de Microdrenagem.

Bacia	Declividade - %	Coefficiente de deflúvio (C)	Tempo de concentração (tc) - minutos	Intensidade máxima de precipitação (I) - mm/h	Área - km ²	Deflúvio superficial - m ³ /s
1	8,12	0,72	0,11	167,57	0,25	8,27
2	6,45	0,73	0,17	166,83	0,31	10,41
3	6,66	0,74	0,32	165,07	0,33	11,07
4	5,47	0,81	0,01	168,79	0,41	15,64
5	4,87	0,79	0,08	167,87	0,45	16,70
6	9,55	0,82	0,02	168,69	0,12	4,71
7	4,97	0,64	0,04	168,44	0,23	6,76
8	5,59	0,77	0,04	168,41	0,42	15,25
9	5,85	0,74	0,02	168,59	0,17	6,01
10	8,43	0,72	0,02	168,64	0,24	8,03
11	6,25	0,74	0,06	168,21	0,46	15,85
12	6,77	0,56	0,08	167,88	0,28	7,31
13	5,90	0,51	0,07	168,08	0,27	6,48
14	5,82	0,43	0,14	167,23	0,50	10,03
15	3,40	0,61	0,05	168,24	0,29	8,22

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

Conforme apresentado, as declividades de todas as bacias são inferiores a 10% e maiores que 3%, e as áreas de todas as bacias são iguais ou inferiores a 0,5 km²; desta forma, as características das bacias estão de acordo com as condições para utilização da fórmula de Kirpich para o cálculo do tempo de concentração das bacias.

Analisando os resultados dos tempos de concentração das bacias, pode-se aferir que, quanto maior for a declividade, menor será o tempo de concentração, ou seja, menor será o tempo gasto pela água precipitada no ponto mais distante da bacia até que ela chegue no fundo do vale; e quanto menor for a declividade, maior será o tempo de concentração. “Quanto maior for L (comprimento do talvegue), utilizado para calcular o tempo de concentração, maior será o valor da velocidade média de escoamento e menos realista serão os valores.” (TUCCI, 2000, p 819).

Os valores encontrados para as vazões dos sistemas de microdrenagem de Arcos-MG são relativamente altos quando comparados à área de cada bacia. Cabe ressaltar que para estimativa das vazões de projeto dos sistemas de microdrenagem foi utilizado o Método Racional que, segundo Lima (2014), superestima a vazão do escoamento superficial quando comparado a outros métodos.

Este método é de uso simples e prático, porém fornece resultados altos para bacias maiores que 50 ha. Isso se deve ao fato de que a fórmula admite em seus princípios que a chuva é uniforme em toda a área da bacia, o que geralmente só acontece quando a chuva é do tipo convectiva, isto é, bastante localizada, de alta intensidade e baixa duração. (LIMA, 2014)

Por um lado, essa superestimativa da vazão pode ser favorável em termos de segurança pública, pois todo o projeto de microdrenagem é desenvolvido para suportar essa vazão. Por outro lado, superestimar a vazão de projeto acarretará em estruturas maiores do que as realmente necessárias e isso levará a maior custo de implantação da obra.

6.3 Capacidade de drenagem do sistema de macrodrenagem

As bacias que influenciam nas vazões das estruturas de macrodrenagem são apresentadas nas TAB. 9 e 10.

Tabela 9 – Vazão que a Avenida Sanitária Trecho I recebe das bacias de contribuição.

Sistema de Macrodrenagem 1		
Bacia	Vazão	
1	8,27	m ³ /s
2	10,41	m ³ /s
3	11,07	m ³ /s
4	15,64	m ³ /s
5	16,70	m ³ /s
6	4,71	m ³ /s
Total	66,79	m³/s

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

Tabela 10 – Vazão que a Avenida Sanitária Trecho II recebe das bacias de contribuição.

Macro drenagem 2		
Bacia	Vazão	
7	6,76	m ³ /s
8	15,25	m ³ /s
9	6,01	m ³ /s
10	8,03	m ³ /s
11	15,85	m ³ /s
12	7,31	m ³ /s
13	6,48	m ³ /s
14	10,03	m ³ /s
15	8,22	m ³ /s
Total	83,93	m³/s

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

Para a avaliar se as Avenidas Sanitárias têm capacidade de suportar toda a vazão produzida pelos bairros, a TAB 11 apresenta os dados dimensionais dos canais de macro drenagem juntamente com a vazão admissível para os mesmos. (Maiores detalhes dimensionais dos canais de macro drenagem podem ser vistos nos APÊNDICES Q e R).

Tabela 11 – Vazões das estruturas de Macro drenagem.

Estrutura de macro drenagem	Declividade - %	Coefficiente de rugosidade	Altura - m	Largura - m	Velocidade de escoamento - m/s	Vazão admissível - m³/s
1	1,57	0,02	0,96	2,96	4,37	12,38
2	1,29	0,02	1,21	4,91	4,94	29,49

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

Os valores de vazão admissível dos canais das Avenidas Sanitárias Trechos I e II permitem classificá-los como de grande porte, conforme a TAB. 12.

Tabela 12 – Declividade de canais.

Vazão (m³/s)	Declividade (%)	Porte
> 10	0,01 a 0,03	Grande
3 a 10	0,025 a 0,05	Mediano
0,1 a 3	0,05 a 0,1	Pequeno
< 0,1	0,1 a 0,4	Muito pequeno

Fonte: PEREIRA e MELLO (2014).

Analisando os valores obtidos para as vazões de escoamento (TAB. 11) e confrontando-os aos valores das TAB. 9 e 10, pode-se concluir que os canais das Avenidas Sanitárias não têm capacidade para suportar toda a vazão produzida pelas bacias. O Trecho I suporta apenas 20% e o Trecho II apenas 32% do total de escoamento superficial dos bairros que deságua nos mesmos. Com esses resultados, é de se esperar que enchentes ocorram comumente.

Apesar dos resultados apontarem para grande risco de falha das estruturas de macrodrenagem, há de se lembrar que, devido ao uso do Método Racional, as vazões de microdrenagem podem estar superestimadas, conforme afirmado por Lima (2014). Isto porque ao se confrontar os resultados com o que acontece em momentos de maior volume precipitado, pode-se concluir que ocorrem apenas transbordamentos, não caracterizando enchentes. Todavia, não se pode descartar a hipótese de que possam ocorrer enchentes significativas, visto que os fenômenos climáticos são imprevisíveis.

Deve-se ressaltar que, para se obter valores precisos, é necessário fazer um estudo mais amplo, abrangente, e uma análise a longo prazo. Como o Plano Diretor de Arcos-MG não especifica as condições de projeto, não se sabe se os dados adotados nesse trabalho representam com fidelidade as condições para as quais as estruturas de Arcos foram dimensionadas. Se fossem adotadas outras equações empíricas para determinação do tempo de concentração, outras tabelas propostas para estimativa do coeficiente de deflúvio ou mesmo do coeficiente de rugosidade, ou até mesmo outra equação de chuva intensa ajustada para a região, todos os resultados poderiam se alterar significativamente. Logo, faz-se necessário fazer os cálculos com vários tipos de fórmulas, testando diferentes combinações entre elas, para que se possa chegar, talvez, a um valor que possa ser considerado mais real.

A esse respeito, Lima (2014) estimou o deflúvio superficial para uma mesma bacia utilizando o Método Racional, que é o mais utilizado em projetos de microdrenagem urbana conforme UFCG (2014b), e o Método de McMath, observando que a vazão estimada pelo Método Racional foi 3,7 vezes maior que a vazão estimada pelo método de McMath.

Diante do supracitado, depara-se com um grande problema quanto ao dimensionamento de estruturas de drenagem urbana: atualmente não existem normas específicas que regulamentam a elaboração, implantação e fiscalização de sistemas de micro e macrodrenagem urbana. E sem instrumentos legais, fica difícil fazer cobranças diante das falhas de projeto.

E quanto a Arcos-MG, uma cidade que atualmente vem crescendo cada dia mais, é incoerente não existir um Plano Diretor voltado para a questão da Drenagem Urbana. Assim,

é inevitável que ocorram impactos ambientais, precariedade no trânsito ao ocorrer os transbordamentos, riscos à saúde da população devido a moléstias conduzidas pela própria água e também ocorre um atraso no crescimento da cidade quanto às técnicas construtivas devido ao investimento ocorrido na correção da falha das estruturas existentes.

Deve-se ressaltar ainda que, nas laterais das Avenidas Sanitárias, acima dos canais, há pequenos taludes florestados, os quais, devido à instabilidade quanto a erosões (FIG 14 e 15), considera-se que não têm a função de conduzir a água. Mesmo com esses pequenos taludes, a vazão chegou a transbordar.

Figura 14 – Avenida Sanitária.



Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

Figura 15 – Avenida Sanitária.



Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

Considerando a metodologia adotada neste trabalho como adequada, diante dos resultados obtidos, é necessário providenciar alguma solução para que não ocorra mais nenhum transbordamento nas estruturas de macrodrenagem da cidade de Arcos-MG e também evitar possíveis enchentes, ou seja, modificações nas dimensões dessas estruturas devem ser realizadas ou novas estruturas devem ser implantadas.

Devido à falta de espaço, pois ambos os lados das vias possuem construções (FIG 16), a melhor opção para esta situação é aumentar a altura do canal existente até um nível que possibilite que a velocidade de escoamento fique em conformidade com a velocidade máxima permitida para o tipo de revestimento em que o canal se encontra. Portanto, para atender a essa condição, faz-se necessário construir dois canais: um situado ao lado direito e outro situado ao lado esquerdo do canal principal (Avenida principal), ambos subterrâneos, para o desvio da vazão excedente.

Figura 16 – Avenida Sanitária.



Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

A uma determinada altura do canal central, deverá ser feito aberturas nas suas laterais para que a vazão, ao atingir o nível destas, possa escoar para os canais laterais. Esta vazão excedente pode ser direcionada a um reservatório para que se possa tratá-la e distribuí-la para a população da cidade de Arcos-MG.

Os APÊNDICES S e T detalham os cálculos. A TAB. 13 apresenta os dados dimensionais adotados para a solução apresentada aos canais de macrodrenagem juntamente com a vazão admissível para os mesmos.

Tabela 13 – Solução para o Sistema de Macro drenagem.

Estrutura de macro drenagem		Declividade - %	Coefficiente de rugosidade	Altura - m	Largura - m	Velocidade de escoamento - m/s	Vazão admissível - m ³ /s
1	Canal da Avenida Sanitária Trecho I	1,57	0,02	1,70	2,96	5,36	26,97
	Canais para desvio da vazão excedente	1,57	0,02	2,00	2,10	4,89	41,07
	Vazão total admissível - m³/s						68,03
2	Canal da Avenida Sanitária Trecho II	1,29	0,02	1,90	4,91	5,94	55,48
	Canais para desvio da vazão excedente	1,29	0,02	2,00	2,00	4,33	34,64
	Vazão total admissível - m³/s						90,12

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

Na estrutura de macro drenagem 1, para o canal suportar toda a vazão, é necessário aumentar a profundidade do canal existente em 0,70m e construir dois canais laterais com 2,00m de altura e 2,10m de largura cada um. Na estrutura de macro drenagem 2, é preciso aumentar a profundidade em aproximadamente 0,50m e fazer dois canais laterais de 2,00m de altura e 2,00m de largura cada um.

Com todos os resultados da pesquisa, pode-se deduzir que, se com a realidade de urbanização atual ocorrem transbordamentos, futuramente este acontecimento tende a piorar, pois com a criação de novos bairros, haverá maiores picos de vazão de contribuição da macro drenagem. Para evitar estes acontecimentos num cenário futuro, é necessário adaptar-se para esta circunstância. Para fazer esta adaptação, faz-se necessário uma pesquisa mais ampla de todos os possíveis bairros a serem projetados.

Deve-se ressaltar que toda a vazão coletada pela macro drenagem da cidade de Arcos-MG é conduzida até o Rio dos Arcos, situado nesta cidade. Para uma solução mais eficiente para os problemas ocorridos, é necessário realizar a batimetria deste rio, para analisar se este tem capacidade de suportar toda a vazão provinda das estruturas de macro drenagem.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante de todas as informações consultadas sobre a drenagem urbana, perceber-se o quão importante é um Plano Diretor elaborado por equipes técnicas competentes que dominem as ferramentas tecnológicas adequadas a cada caso, sendo nele citado todas as informações necessárias para a elaboração e implantação das estruturas de drenagem das águas pluviais, abordando todas as medidas que devem ser adotadas, bem como sua divulgação para toda a população.

Através da ocupação do solo com áreas residenciais, comerciais e com a construção de sistemas de drenagem, tende-se a ter alterações no sistema da bacia hidrográfica devido ao aumento de descargas naquele solo.

Para o desenvolvimento de uma cidade, é necessário ter um plano de crescimento, no qual deve-se citar quais as áreas de reserva natural, várzeas de inundação, regras de delimitação de rios, porcentagem de permeabilidade dos lotes, detalhamento das bacias, período de retorno determinado, fórmulas empíricas adotadas para fazer os cálculos necessários da micro e da macrodrenagem, risco e incerteza, manutenção dos sistemas de drenagem, dimensionamento de reservatório de detenção, amortecimento de cheia e etc. Desta forma, para uma cidade como Arcos-MG, que vem crescendo cada dia mais e que possui um excelente envolvimento no mercado de trabalho, tendo em sua localidade diversas empresas nacionais, é contraditório não existir um Plano Diretor voltado para a questão da Drenagem Urbana. A dinâmica do uso do solo urbano evolui constantemente, não apenas em função do crescimento populacional, mas também com a mudança de hábitos, situação econômica e cultural e efeito das políticas públicas de controle e incentivo.

Analisando os resultados dos cálculos, pode-se afirmar que os canais das Avenidas Sanitárias Trecho I e Trecho II não têm capacidade de suportar toda a vazão gerada pelos bairros. Desta forma, o município tende a enfrentar enchentes tanto no cenário atual quanto num cenário futuro (aumento da urbanização).

Ao analisar todo esse acontecimento, pode-se buscar soluções para controlar as enchentes e conseqüentemente controlar os impactos ambientais existentes, proporcionar melhor trânsito em dias chuvosos e assegurar maior bem estar para a população.

REFERÊNCIAS

- ALL Park Polo Empresarial. Disponível em <<http://www.allparkpoloempresarial.com.br/fotos-da-obra>>. Acesso em 09 de novembro de 2014.
- ALÔ TATUAPÉ. **Construções de prédios e a falta de planejamento**. Disponível em <<http://alotatuape.com.br/?p=4160>>. Acesso em 09 de novembro de 2014.
- AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS – ASCE. **Design and Construction of sanitary and storm sewers**. New York (Manuals and Reports of Engineering Practice, 37). 1969.
- ANDRADE FILHO, A. G.; SZÉLICA, M. R.; SZESZ, J. R. S. Utilização de micro-reservatórios de detenção para atenuação de inundações em bacias urbanas. **Publicatio UEPG – Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, 6 (1) : 47-68, 2000. Disponível em <http://ri.uepg.br:8080/riuepg/bitstream/handle/123456789/645/ARTIGO_Utilioza%C3%A7%C3%A3oMicroReservatorios.pdf?sequence=1>. Acesso em 08 de junho de 2014.
- BACIAS hidrográficas brasileiras. Disponível em <<http://marcocruzdageoleonidashorta.blogspot.com.br/>>. Acesso em 19 de maio de 2014.
- BARBOSA JÚNIOR, A. R. **Elementos de hidrologia aplicada: previsão de enchentes**. 2014. Disponível em <http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~antenorrodrigues/7_Previsao%20de%20Enchente.pdf>. Acesso em 08 de junho de 2014.
- BOTELHO, M. H. C. **Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2001. 299 p.
- CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.
- CARDOSO NETO, A. **Sistemas Urbanos de Drenagem**. 2014. Disponível em <<ftp://ftp.ifes.edu.br/cursos/Transportes/Zorzal/Drenagem%20Urbana/Apostila%20de%20drenagem%20urbana%20do%20prof%20Cardoso%20Neto.pdf>>. Acesso em 19 de maio de 2014.
- CENTRO DE ENSINO SUPERIOR DO AMAPÁ. **Microdrenagem**. 2014. Disponível em <<http://www.ceap.br/material/MAT28052014140255.pdf>>. Acesso em 08
- COSTA, R. N. T. **Condutos livres**. Universidade Federal do Ceará: Departamento de Engenharia Agrícola. 2014. Disponível em <<http://www.gpeas.ufc.br/disc/hidr/aula01.pdf>>. Acesso em 08 de junho de 2014.
- CS empreiteira de obras. Disponível em <<http://www.csempreiteira.com.br/pt-br/projetos-exb.asp?gal=5>>. Acesso em 09 de novembro de 2014.

CSOBI, A.; MARTINS, J. R. S. **Amortecimento superficial nos sistemas de icrodrenagem em regiões de baixa declividade**. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2014.

Disponível em

<http://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/3e8256b0bfd5fb09f8fc2341d8c67077_a4f7c5d4515ab00d80f4ef5a141b3773.pdf>. Acesso em 08 de junho de 2014.

DISTRITO FEDERAL. **Plano Diretor de Drenagem Urbana do Distrito Federal**. 2009.

Disponível em

<http://www.adasa.df.gov.br/images/stories/anexos/servico_publicos/PDDUemPDF/02%20-manuais%20tcnicos%20%20e%203%20-%20manual%20de%20drenagem%20urbana.pdf>. Acesso em 08 de junho de 2014.

DYNACAL. **Coleta de amostras de solo**. Disponível em <

<http://www.dynacal.com.br/coleta-de-amostras-de-solo.htm>>. Acesso em 09 de novembro de 2014.

EVANGELISTA, A. W. P. **Condução de água**. Escola de Agronomia: Universidade Federal de Goiás. 2014. Disponível em

<http://www.mendoncaenf.xpg.com.br/4_hidraulica_apostila3.pdf>. Acesso em 08 de junho de 2014.

GOOGLE. **Google Earth**. Arcos-MG. Acesso em 09 de novembro de 2014.

INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA. **Hidrologia**. 2014. Disponível em

<<http://www.ipb.pt/~mnvalente/2005-1sem/HA2/BAK/HA2-Acetatos-Hidrologia-EscoamentoSuperficie2.pdf>>. Acesso em 08 de junho de 2014.

LANÇA, R.; MARTINS, C.; MENDES, J. **Metodologia para estudo hidráulico e sedimentológico em pontes**: aplicação à Ribeira de Oeiras, entre as localidades de Corte de Pão e Água e de Morena, conselho de Mértola. 2005. Disponível em

<http://w3.ualg.pt/~rlanca/artigos/artigo_tecnovisao_pontes_2005_01.pdf>. Acesso em 08 de junho de 2014.

LIMA, L.A. **Teoria 4 – Escoamento superficial e leiaute de drenos no campo**.

2014. Disponível em < <http://www.lalima.com.br/lalima/arquivos/teoria4.pdf>>. Acesso em 16 de outubro de 2014.

MARTINS, J. R. S. **Gestão da drenagem urbana: só tecnologia será suficiente?** 2014.

Disponível em <

http://www.dae.sp.gov.br/outorgatreinamento/Obras_Hidr%C3%A1ulic/gestaodrenagem.pdf>. Acesso em 16 de outubro de 2014.

MENDONÇA, A.S.F. **Hidrologia**. Departamento de Engenharia Ambiental: Universidade Federal do Espírito Santo. 2009.

PEREIRA, G.M.; MELLO, C. R. de. **Dimensionamento de condutos livres (canais)**.

Departamento de Engenharia: Universidade Federal de Lavras. 2014. Disponível em

<http://www.deg.ufla.br/site/_adm/upload/file/8_aula%20pratica%208.PDF>. Acesso em 19 de maio de 2014.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS – PUC-CAMPINAS.

Métodos de determinação da vazão máxima com base na precipitação. 2014. Disponível em <http://ftp-acd.puccampinas.edu.br/pub/professores/ceatec/subettine/Hidrologia/Metodo_Racional.pdf>. Acesso em 19 de maio de 2014.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos:** Período de Retorno. 1999. Disponível em <<http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/infraestrutura/NORMAS%20T%C3%89NICAS%20INSTRU%C3%87%C3%95ES%20NOVAS/Hidr%C3%A1ulica%20e%20drenagem%20urbana/DH-H01.pdf>>. Acesso em 08 de junho de 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARCOS-MG. **Lei municipal de parcelamento, ocupação e uso do solo urbano.** 2011. Disponível em <http://www.arcos.mg.gov.br/_upload/_edita/58e57c40e130f63f2558303d113747ff.pdf>. Acesso em 12 de junho de 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE IJACI-MG. **Plano municipal de saneamento básico.** 2013. Disponível em <<http://ijaci.mg.gov.br/plano-municipal-de-saneamento-basico>>. Acesso em 19 de maio de 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JUIZ DE FORA. **Plano de drenagem de Juiz De Fora:** parte 1, zona norte, volume 3 – manual de drenagem. 2011. Disponível em <http://planodedrenagem.pjf.mg.gov.br/volume3_manual_de_drenagem.pdf>. Acesso em 08 de junho de 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE-RS. **Plano diretor de drenagem urbana:** manual de drenagem urbana. Instituto de Pesquisas Hidráulicas: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. Disponível em <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu_doc/manual_de_drenagem_ultima_versao.pdf>. Acesso em 19 de maio de 2014.

TOMAZ, P. **Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos para Obras Municipais.** São Paulo: Navegar, 2002. 452 p.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia:** ciência e aplicação. 2. ed. Porto Alegre: ABRH/UFRGS, 2000. 943 p.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Condutos livres.** Escola Politécnica: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. 2004. Disponível em <http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&ved=0CEQQFjAF&url=http%3A%2F%2F200.144.189.97%2Fphd%2FLeArq.aspx%3Fid_arq%3D3764&ei=3qGUU9KGKtOssQTQ8ICIBg&usg=AFQjCNEE3AUbYCqS-P-5ZsKqcXXMXf5nXw&cad=rja>. Acesso em 08 de junho de 2014.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG. **Sistemas de drenagem pluvial.** 2014a. Disponível em <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Dren01.html>>. Acesso em 19 de maio de 2014.

_____. **Deflúvio superficial direto**. 2014b. Disponível em <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Dren03.html>>. Acesso em 19 de maio de 2014.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Drenagem**. 2014. Disponível em <http://www.arq.ufsc.br/labcon/arq5661/trabalhos_2007-1/drenagem/index.htm>. Acesso em 08 de junho de 2014.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. *Software Plúvio 2.1*. 2014. Disponível em <<http://www.ufv.br/dea/gprh/software.htm>>. Acesso em 19 de maio de 2014.

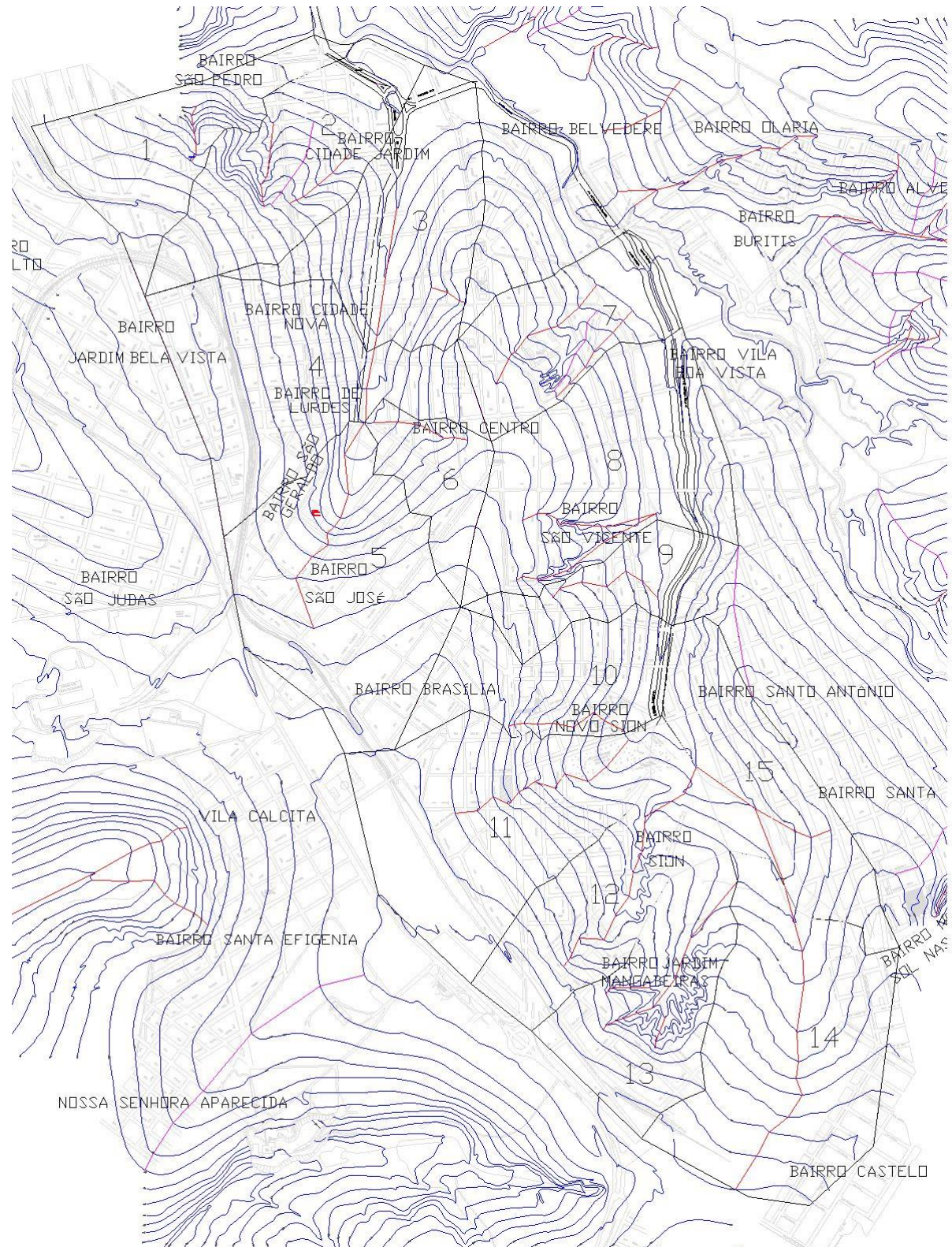
VILLANUEVA, A. O. N.; TASSI, R.; ALLASIA, D. G. **Planos diretores de drenagem urbana**: Os casos de Porto Alegre e Caxias do Sul - RS – Brasil. Instituto de Pesquisas Hidráulicas: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2014. Disponível em <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd17/Areiacaxia.pdf>>. Acesso em 08 de junho de 2014.

VILLELA, S. M. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw Hill do Brasil, 1975. 245 p.

APÊNDICES

APÊNDICE A.....	61
APÊNDICE B.....	62
APÊNDICE C.....	63
APÊNDICE D.....	64
APÊNDICE E.....	65
APÊNDICE F.....	66
APÊNDICE G.....	67
APÊNDICE H.....	68
APÊNDICE I.....	69
APÊNDICE J.....	70
APÊNDICE K.....	71
APÊNDICE L.....	72
APÊNDICE M.....	73
APÊNDICE N.....	74
APÊNDICE O.....	75
APÊNDICE P.....	76
APÊNDICE Q.....	77
APÊNDICE R.....	78
APÊNDICE S.....	79
APÊNDICE T.....	80

APÊNCIDE A



Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

APÊNCIDE B

Cálculo da Vazão	Bacia	1	
	Área	0,25	km ²
Declividade da bacia	Comp. Horiz.	861,93	m
	Comp. Vert.	70,00	m
	Declividade em %	8,12	%
Revestimento Superficial	Rua Asfaltada	16,29	%
	Pavimentadas com paralelepípedos não rejuntados	0,00	%
	Passeios públicos (calçadas)	7,19	%
	Telhados	56,04	%
	Terrenos livres e ajardinados - solo pesado - I >7%	20,48	%
Obtenção do C	Obtenção de um valor único de coeficiente de deflúvio	0,72	
	Tempo de retorno adotado	2 a 10	anos
	Coeficiente de frequência	1,00	
	Obtenção do coeficiente de deflúvio considerando a variação do tempo	0,72	
Determinação do tempo de concentração	L (comprimento do talvegue principal)	0,18	km
	h (Comprimento total da inclinação do terreno)	70,00	m
	S (declividade do talvegue principal)	384,94	m/km
	Tempo de concentração	0,11	min
Determinação da intensidade máxima de precipitação	TR (tempo de retorno, TAB.1)	2,00	anos
	t (tempo de duração da chuva) = tempo de concentração da bacia	0,11	min
	a	826,45	
	b	0,19	
	c	10,19	
	d	0,74	
	Intensidade máxima de precipitação	167,57	mm/h
Determinação da vazão da microdrenagem	Coeficiente de deflúvio	0,72	
	Intensidade máxima de precipitação	167,57	m/s
	Área	0,25	km ²
	Vazão da Microdrenagem	8,27	m³

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

APÊNCIDE C

Cálculo da Vazão	Bacia	2	
	Área	0,31	km ²
Declividade da bacia	Comp. Horiz.	1.085,45	m
	Comp. Vert.	70,00	m
	Declividade em %	6,45	%
Revestimento Superficial	Rua Asfaltada	19,69	%
	Pavimentadas com paralelepípedos não rejuntados	0,00	%
	Passeios públicos (calçadas)	8,44	%
	Telhados	53,91	%
	Terrenos livres e ajardinados - solo pesado - 2% < I < 7%	17,96	%
Obtenção do C	Obtenção de um valor único de coeficiente de deflúvio	0,73	
	Tempo de retorno adotado	2 a 10	anos
	Coeficiente de frequência	1,00	
	Obtenção do coeficiente de deflúvio considerando a variação do tempo	0,73	
Determinação do tempo de concentração	L (comprimento do talvegue principal)	0,27	km
	h (Comprimento total da inclinação do terreno)	70,00	m
	S (declividade do talvegue principal)	260,64	m/km
	Tempo de concentração	0,17	min
Determinação da intensidade máxima de precipitação	TR (tempo de retorno, TAB.1)	2,00	anos
	t (tempo de duração da chuva) = tempo de concentração da bacia	0,17	min
	a	826,45	
	b	0,19	
	c	10,19	
	d	0,74	
	Intensidade máxima de precipitação	166,83	mm/h
Determinação da vazão da microdrenagem	Coeficiente de deflúvio	0,73	
	Intensidade máxima de precipitação	166,83	m/s
	Área	0,31	km ²
	Vazão da Microdrenagem	10,41	m³

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

APÊNCIDE D

Cálculo da Vazão	Bacia	3
Área		0,33 km ²
Declividade da bacia	Comp. Horiz.	900,61 m
	Comp. Vert.	60,00 m
	Declividade em %	6,66 %
Revestimento Superficial	Rua Asfaltada	19,66 %
	Pavimentadas com paralelepípedos não rejuntados	0,00 %
	Passeios públicos (calçadas)	7,26 %
	Telhados	56,32 %
	Terrenos livres e ajardinados - solo pesado - 2% < I < 7%	16,75 %
Obtenção do C	Obtenção de um valor único de coeficiente de deflúvio	0,74
	Tempo de retorno adotado	2 a 10 anos
	Coeficiente de frequência	1,00
	Obtenção do coeficiente de deflúvio considerando a variação do tempo	0,74
Determinação do tempo de concentração	L (comprimento do talvegue principal)	0,44 km
	h (Comprimento total da inclinação do terreno)	60,00 m
	S (declividade do talvegue principal)	136,55 m/km
	Tempo de concentração	0,32 min
Determinação da intensidade máxima de precipitação	TR (tempo de retorno, TAB.1)	2,00 anos
	t (tempo de duração da chuva) = tempo de concentração da bacia	0,32 min
	a	826,45
	b	0,19
	c	10,19
	d	0,74
Intensidade máxima de precipitação	165,07 mm/h	
Determinação da vazão da microdrenagem	Coeficiente de deflúvio	0,74
	Intensidade máxima de precipitação	165,07 m/s
	Área	0,33 km ²
	Vazão da Microdrenagem	11,07 m³

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

APÊNCIDE E

Cálculo da Vazão	Bacia	4
	Área	0,41 km ²
Declividade da bacia	Comp. Horiz.	914,24 m
	Comp. Vert.	50,00 m
	Declividade em %	5,47 %
Revestimento Superficial	Rua Asfaltada	18,06 %
	Pavimentadas com paralelepípedos não rejuntados	0,00 %
	Passeios públicos (calçadas)	8,77 %
	Telhados	67,73 %
	Terrenos livres e ajardinados - solo pesado - 2% < I < 7%	5,44 %
Obtenção do C	Obtenção de um valor único de coeficiente de deflúvio	0,81
	Tempo de retorno adotado	2 a 10 anos
	Coeficiente de frequência	1,00
	Obtenção do coeficiente de deflúvio considerando a variação do tempo	0,81
Determinação do tempo de concentração	L (comprimento do talvegue principal)	0,23 km
	h (Comprimento total da inclinação do terreno)	50,00 m
	S (declividade do talvegue principal)	221,82 m/km
	Tempo de concentração	0,01 min
Determinação da intensidade máxima de precipitação	TR (tempo de retorno, TAB.1)	2,00 anos
	t (tempo de duração da chuva) = tempo de concentração da bacia	0,01 min
	a	826,45
	b	0,19
	c	10,19
	d	0,74
	Intensidade máxima de precipitação	168,79 mm/h
Determinação da vazão da microdrenagem	Coeficiente de deflúvio	0,81
	Intensidade máxima de precipitação	168,79 m/s
	Área	0,41 km ²
	Vazão da Microdrenagem	15,64 m³

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

APÊNCIDE F

Cálculo da Vazão	Bacia	5	
	Área	0,45	km ²
Declividade da bacia	Comp. Horiz.	1.026,48	m
	Comp. Vert.	50,00	m
	Declividade em %	4,87	%
Revestimento Superficial	Rua Asfaltada	14,25	%
	Pavimentadas com paralelepípedos não rejuntados	0,00	%
	Passeios públicos (calçadas)	6,69	%
	Telhados	71,02	%
	Terrenos livres e ajardinados - solo pesado - 2% < I < 7%	8,04	%
Obtenção do C	Obtenção de um valor único de coeficiente de deflúvio	0,79	
	Tempo de retorno adotado	2 a 10	anos
	Coeficiente de frequência	1,00	
	Obtenção do coeficiente de deflúvio considerando a variação do tempo	0,79	
Determinação do tempo de concentração	L (comprimento do talvegue principal)	0,73	km
	h (Comprimento total da inclinação do terreno)	50,00	m
	S (declividade do talvegue principal)	68,87	m/km
	Tempo de concentração	0,08	min
Determinação da intensidade máxima de precipitação	TR (tempo de retorno, TAB.1)	2,00	anos
	t (tempo de duração da chuva) = tempo de concentração da bacia	0,08	min
	a	826,45	
	b	0,19	
	c	10,19	
	d	0,74	
	Intensidade máxima de precipitação	167,87	mm/h
Determinação da vazão da microdrenagem	Coeficiente de deflúvio	0,79	
	Intensidade máxima de precipitação	167,87	m/s
	Área	0,45	km ²
	Vazão da Microdrenagem	16,70	m³

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

APÊNCIDE G

Cálculo da Vazão	Bacia	6
	Área	0,12 km ²
Declividade da bacia	Comp. Horiz.	471,24 m
	Comp. Vert.	45,00 m
	Declividade em %	9,55 %
Revestimento Superficial	Rua Asfaltada	22,41 %
	Pavimentadas com paralelepípedos não rejuntados	0,00 %
	Passeios públicos (calçadas)	8,89 %
	Telhados	65,27 %
	Terrenos livres e ajardinados - solo pesado - I >7%	3,44 %
Obtenção do C	Obtenção de um valor único de coeficiente de deflúvio	0,82
	Tempo de retorno adotado	2 a 10 anos
	Coeficiente de frequência	1,00
	Obtenção do coeficiente de deflúvio considerando a variação do tempo	0,82
Determinação do tempo de concentração	L (comprimento do talvegue principal)	0,31 km
	h (Comprimento total da inclinação do terreno)	45,00 m
	S (declividade do talvegue principal)	147,22 m/km
	Tempo de concentração	0,02 min
Determinação da intensidade máxima de precipitação	TR (tempo de retorno, TAB.1)	2,00 anos
	t (tempo de duração da chuva) = tempo de concentração da bacia	0,02 min
	a	826,45
	b	0,19
	c	10,19
	d	0,74
Intensidade máxima de precipitação	168,69 mm/h	
Determinação da vazão da microdrenagem	Coeficiente de deflúvio	0,82
	Intensidade máxima de precipitação	168,69 m/s
	Área	0,12 km ²
	Vazão da Microdrenagem	4,71 m³

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

APÊNCIDE H

Cálculo da Vazão	Bacia	7
	Área	0,23 km ²
Declividade da bacia	Comp. Horiz.	904,92 m
	Comp. Vert.	45,00 m
	Declividade em %	4,97 %
Revestimento Superficial	Rua Asfaltada	7,71 %
	Pavimentadas com paralelepípedos não rejuntados	7,71 %
	Passeios públicos (calçadas)	7,08 %
	Telhados	47,09 %
	Terrenos livres e ajardinados - solo pesado - 2% < I < 7%	30,40 %
Obtenção do C	Obtenção de um valor único de coeficiente de deflúvio	0,64
	Tempo de retorno adotado	2 a 10 anos
	Coeficiente de frequência	1,00
	Obtenção do coeficiente de deflúvio considerando a variação do tempo	0,64
Determinação do tempo de concentração	L (comprimento do talvegue principal)	457,07 km
	h (Comprimento total da inclinação do terreno)	45,00 m
	S (declividade do talvegue principal)	98,45 m/km
	Tempo de concentração	0,04 min
Determinação da intensidade máxima de precipitação	TR (tempo de retorno, TAB.1)	2,00 anos
	t (tempo de duração da chuva) = tempo de concentração da bacia	0,04 min
	a	826,45
	b	0,19
	c	10,19
	d	0,74
Intensidade máxima de precipitação	168,44 mm/h	
Determinação da vazão da microdrenagem	Coeficiente de deflúvio	0,64
	Intensidade máxima de precipitação	168,44 m/s
	Área	0,23 km ²
	Vazão da Microdrenagem	6,76 m³

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

APÊNCIDE I

Cálculo da Vazão	Bacia	8
	Área	0,42 km ²
Declividade da bacia	Comp. Horiz.	894,71 m
	Comp. Vert.	50,00 m
	Declividade em %	5,59 %
Revestimento Superficial	Rua Asfaltada	9,84 %
	Pavimentadas com paralelepípedos não rejuntados	4,92 %
	Passeios públicos (calçadas)	6,44 %
	Telhados	70,19 %
	Terrenos livres e ajardinados - solo pesado - 2% < I < 7%	8,61 %
Obtenção do C	Obtenção de um valor único de coeficiente de deflúvio	0,77
	Tempo de retorno adotado	2 a 10 anos
	Coeficiente de frequência	1,00
	Obtenção do coeficiente de deflúvio considerando a variação do tempo	0,77
Determinação do tempo de concentração	L (comprimento do talvegue principal)	0,50 km
	h (Comprimento total da inclinação do terreno)	50,00 m
	S (declividade do talvegue principal)	100,40 m/km
	Tempo de concentração	0,04 min
Determinação da intensidade máxima de precipitação	TR (tempo de retorno, TAB.1)	2,00 anos
	t (tempo de duração da chuva) = tempo de concentração da bacia	0,04 min
	a	826,45
	b	0,19
	c	10,19
	d	0,74
	Intensidade máxima de precipitação	168,41 mm/h
Determinação da vazão da microdrenagem	Coeficiente de deflúvio	0,77
	Intensidade máxima de precipitação	168,41 m/s
	Área	0,42 km ²
	Vazão da Microdrenagem	15,25 m³

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

APÊNCIDE J

Cálculo da Vazão	Bacia	9
	Área	0,17 km ²
Declividade da bacia	Comp. Horiz.	853,98 m
	Comp. Vert.	50,00 m
	Declividade em %	5,85 %
Revestimento Superficial	Rua Asfaltada	9,13 %
	Pavimentadas com paralelepípedos não rejuntados	9,13 %
	Passeios públicos (calçadas)	7,84 %
	Telhados	60,84 %
	Terrenos livres e ajardinados - solo pesado - 2% < I < 7%	13,06 %
Obtenção do C	Obtenção de um valor único de coeficiente de deflúvio	0,74
	Tempo de retorno adotado	2 a 10 anos
	Coeficiente de frequência	1,00
	Obtenção do coeficiente de deflúvio considerando a variação do tempo	0,74
Determinação do tempo de concentração	L (comprimento do talvegue principal)	0,39 km
	h (Comprimento total da inclinação do terreno)	50,00 m
	S (declividade do talvegue principal)	127,46 m/km
	Tempo de concentração	0,02 min
Determinação da intensidade máxima de precipitação	TR (tempo de retorno, TAB.1)	2,00 anos
	t (tempo de duração da chuva) = tempo de concentração da bacia	0,02 min
	a	826,45
	b	0,19
	c	10,19
	d	0,74
Intensidade máxima de precipitação	168,59 mm/h	
Determinação da vazão da microdrenagem	Coeficiente de deflúvio	0,74
	Intensidade máxima de precipitação	168,59 m/s
	Área	0,17 km ²
	Vazão da Microdrenagem	6,01 m³

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

APÊNCIDE K

Cálculo da Vazão	Bacia	10
	Área	0,24 km ²
Declividade da bacia	Comp. Horiz.	711,74 m
	Comp. Vert.	60,00 m
	Declividade em %	8,43 %
Revestimento Superficial	Rua Asfaltada	10,28 %
	Pavimentadas com paralelepípedos não rejuntados	10,28 %
	Passeios públicos (calçadas)	9,27 %
	Telhados	53,64 %
	Terrenos livres e ajardinados - solo pesado - I >7%	16,53 %
Obtenção do C	Obtenção de um valor único de coeficiente de deflúvio	0,72
	Tempo de retorno adotado	2 a 10 anos
	Coeficiente de frequência	1,00
	Obtenção do coeficiente de deflúvio considerando a variação do tempo	0,72
Determinação do tempo de concentração	L (comprimento do talvegue principal)	0,39 km
	h (Comprimento total da inclinação do terreno)	60,00 m
	S (declividade do talvegue principal)	153,74 m/km
	Tempo de concentração	0,02 min
Determinação da intensidade máxima de precipitação	TR (tempo de retorno, TAB.1)	2,00 anos
	t (tempo de duração da chuva) = tempo de concentração da bacia	0,02 min
	a	826,45
	b	0,19
	c	10,19
	d	0,74
Intensidade máxima de precipitação	168,64 mm/h	
Determinação da vazão da microdrenagem	Coeficiente de deflúvio	0,72
	Intensidade máxima de precipitação	168,64 m/s
	Área	0,24 km ²
	Vazão da Microdrenagem	8,03 m³

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

APÊNCIDE L

Cálculo da Vazão	Bacia	11	
	Área	0,46	km ²
Declividade da bacia	Comp. Horiz.	1.040,14	m
	Comp. Vert.	65,00	m
	Declividade em %	6,25	%
Revestimento Superficial	Rua Asfaltada	9,76	%
	Pavimentadas com paralelepípedos não rejuntados	4,88	%
	Passeios públicos (calçadas)	6,45	%
	Telhados	66,24	%
	Terrenos livres e ajardinados - solo pesado - 2% < I < 7%	12,67	%
Obtenção do C	Obtenção de um valor único de coeficiente de deflúvio	0,74	
	Tempo de retorno adotado	2 a 10	anos
	Coeficiente de frequência	1,00	
	Obtenção do coeficiente de deflúvio considerando a variação do tempo	0,74	
Determinação do tempo de concentração	L (comprimento do talvegue principal)	0,68	km
	h (Comprimento total da inclinação do terreno)	65,00	m
	S (declividade do talvegue principal)	96,08	m/km
	Tempo de concentração	0,06	min
Determinação da intensidade máxima de precipitação	TR (tempo de retorno, TAB.1)	2,00	anos
	t (tempo de duração da chuva) = tempo de concentração da bacia	0,06	min
	a	826,45	
	b	0,19	
	c	10,19	
	d	0,74	
	Intensidade máxima de precipitação	168,21	mm/h
Determinação da vazão da microdrenagem	Coeficiente de deflúvio	0,74	
	Intensidade máxima de precipitação	168,21	m/s
	Área	0,46	km ²
	Vazão da Microdrenagem	15,85	m³

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

APÊNCIDE M

Cálculo da Vazão	Bacia	12
	Área	0,28 km ²
Declividade da bacia	Comp. Horiz.	960,02 m
	Comp. Vert.	65,00 m
	Declividade em %	6,77 %
Revestimento Superficial	Rua Asfaltada	14,02 %
	Pavimentadas com paralelepípedos não rejuntados	0,00 %
	Passeios públicos (calçadas)	6,25 %
	Telhados	35,02 %
	Terrenos livres e ajardinados - solo pesado - 2% < I < 7%	44,71 %
Obtenção do C	Obtenção de um valor único de coeficiente de deflúvio	0,56
	Tempo de retorno adotado	2 a 10 anos
	Coeficiente de frequência	1,00
	Obtenção do coeficiente de deflúvio considerando a variação do tempo	0,56
Determinação do tempo de concentração	L (comprimento do talvegue principal)	0,82 km
	h (Comprimento total da inclinação do terreno)	65,00 m
	S (declividade do talvegue principal)	78,91 m/km
	Tempo de concentração	0,08 min
Determinação da intensidade máxima de precipitação	TR (tempo de retorno, TAB.1)	2,00 anos
	t (tempo de duração da chuva) = tempo de concentração da bacia	0,08 min
	a	826,45
	b	0,19
	c	10,19
	d	0,74
Intensidade máxima de precipitação	167,88 mm/h	
Determinação da vazão da microdrenagem	Coeficiente de deflúvio	0,56
	Intensidade máxima de precipitação	167,88 m/s
	Área	0,28 km ²
	Vazão da Microdrenagem	7,31 m³

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

APÊNCIDE N

Cálculo da Vazão	Bacia	13
Área		0,27 km ²
Declividade da bacia	Comp. Horiz.	847,01 m
	Comp. Vert.	50,00 m
	Declividade em %	5,90 %
Revestimento Superficial	Rua Asfaltada	%
	Pavimentadas com paralelepípedos não rejuntados	8,85 %
	Passeios públicos (calçadas)	4,43 %
	Telhados	35,82 %
	Terrenos livres e ajardinados - solo pesado - 2% < I < 7%	50,90 %
Obtenção do C	Obtenção de um valor único de coeficiente de deflúvio	0,51
	Tempo de retorno adotado	2 a 10 anos
	Coeficiente de frequência	1,00
	Obtenção do coeficiente de deflúvio considerando a variação do tempo	0,51
Determinação do tempo de concentração	L (comprimento do talvegue principal)	0,65 km
	h (Comprimento total da inclinação do terreno)	50,00 m
	S (declividade do talvegue principal)	77,24 m/km
	Tempo de concentração	0,07 min
Determinação da intensidade máxima de precipitação	TR (tempo de retorno, TAB.1)	2,00 anos
	t (tempo de duração da chuva) = tempo de concentração da bacia	0,07 min
	a	826,45
	b	0,19
	c	10,19
	d	0,74
Intensidade máxima de precipitação	168,08 mm/h	
Determinação da vazão da microdrenagem	Coeficiente de deflúvio	0,51
	Intensidade máxima de precipitação	168,08 m/s
	Área	0,27 km ²
	Vazão da Microdrenagem	6,48 m³

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

APÊNCIDE O

Cálculo da Vazão	Bacia	14	
	Área	0,50	km ²
Declividade da bacia	Comp. Horiz.	1.030,68	m
	Comp. Vert.	60,00	m
	Declividade em %	5,82	%
Revestimento Superficial	Rua Asfaltada	12,59	%
	Pavimentadas com paralelepípedos não rejuntados	0,00	%
	Passeios públicos (calçadas)	4,51	%
	Telhados	17,17	%
	Terrenos livres e ajardinados - solo pesado - 2% < I < 7%	65,73	%
Obtenção do C	Obtenção de um valor único de coeficiente de deflúvio	0,43	
	Tempo de retorno adotado	2 a 10	anos
	Coeficiente de frequência	1,00	
	Obtenção do coeficiente de deflúvio considerando a variação do tempo	0,43	
Determinação do tempo de concentração	L (comprimento do talvegue principal)	1,01	km
	h (Comprimento total da inclinação do terreno)	60,00	m
	S (declividade do talvegue principal)	59,18	m/km
	Tempo de concentração	0,14	min
Determinação da intensidade máxima de precipitação	TR (tempo de retorno, TAB.1)	2,00	anos
	t (tempo de duração da chuva) = tempo de concentração da bacia	0,14	min
	a	826,45	
	b	0,19	
	c	10,19	
	d	0,74	
	Intensidade máxima de precipitação	167,23	mm/h
Determinação da vazão da microdrenagem	Coeficiente de deflúvio	0,43	
	Intensidade máxima de precipitação	167,23	m/s
	Área	0,50	km ²
	Vazão da Microdrenagem	10,03	m³

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

APÊNCIDE P

Cálculo da Vazão	Bacia	15
Área		0,29 km ²
Declividade da bacia	Comp. Horiz.	1.030,15 m
	Comp. Vert.	35,00 m
	Declividade em %	3,40 %
Revestimento Superficial	Rua Asfaltada	11,43 %
	Pavimentadas com paralelepípedos não rejuntados	5,71 %
	Passeios públicos (calçadas)	7,14 %
	Telhados	48,42 %
	Terrenos livres e ajardinados - solo pesado - 2% < I < 7%	27,29 %
Obtenção do C	Obtenção de um valor único de coeficiente de deflúvio	0,61
	Tempo de retorno adotado	2 a 10 anos
	Coeficiente de frequência	1,00
	Obtenção do coeficiente de deflúvio considerando a variação do tempo	0,61
Determinação do tempo de concentração	L (comprimento do talvegue principal)	0,48 km
	h (Comprimento total da inclinação do terreno)	35,00 m
	S (declividade do talvegue principal)	72,17 m/km
	Tempo de concentração	0,05 min
Determinação da intensidade máxima de precipitação	TR (tempo de retorno, TAB.1)	2,00 anos
	t (tempo de duração da chuva) = tempo de concentração da bacia	0,05 min
	a	826,45
	b	0,19
	c	10,19
	d	0,74
Intensidade máxima de precipitação	168,24 mm/h	
Determinação da vazão da microdrenagem	Coeficiente de deflúvio	0,61
	Intensidade máxima de precipitação	168,24 m/s
	Área	0,29 km ²
	Vazão da Microdrenagem	8,22 m³

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

APÊNCIDE Q

Cálculo da Vazão	Macro drenagem	1
Declividade	Comp. Horiz.	1.271,89 m
	Comp. Vert.	20,00 m
	Declividade	1,57 %
Raio Hidráulico	Base	2,96 m
	Altura	0,96 m
	Área	2,84 m ²
	Perímetro	4,88 m
	Raio Hidráulico	0,58 m
Coefficiente de rugosidade de Manning (adimensional)	Concreto ou argamassa de cimento com acabamento áspero	0,02
Cálculo da velocidade de escoamento nas Avenidas Sanitárias	R (Raio Hidráulico)	0,58 m
	i (declividade média)	0,02 m/m
	n (Coefficiente de rugosidade de Manning)	0,02
	V (Velocidade de escoamento)	4,37 m/s
Comparando a velocidade encontrada com a velocidade recomendada em projetos.	Velocidade Máxima	6,00 m/s
	Velocidade encontrada	4,37 m/s
Determinação da vazão da macro drenagem	V (Velocidade de escoamento)	4,37
	A (Área)	2,84 m/s
	Vazão da Macro drenagem	12,38 m³

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

APÊNCIDE R

Cálculo da Vazão	Macro drenagem	2
Declividade	Comp. Horiz.	1.552,83 m
	Comp. Vert.	20,00 m
	Declividade	0,01 m/m
Raio Hidráulico	Base	4,91 m
	Altura	1,21 m
	Área	5,97 m ²
	Perímetro	7,34 m
	Raio Hidráulico	0,81 m
Coefficiente de rugosidade de Manning (adimensional)	Concreto ou argamassa de cimento com acabamento áspero	0,02
Cálculo da velocidade de escoamento nas Avenidas Sanitárias	R (Raio Hidráulico)	0,81 m
	i (declividade média)	0,01 m/m
	n (Coeficiente de rugosidade de Manning)	0,02
	V (Velocidade de escoamento)	4,94 m/s
Comparando a velocidade encontrada com a velocidade recomendada em projetos.	Velocidade Máxima	6,00 m/s
	Velocidade encontrada	4,94 m/s
Determinação da vazão da macro drenagem	V (Velocidade de escoamento)	4,94
	A (Área)	5,97 m/s
	Vazão da Macro drenagem	29,49 m³

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

APÊNCIDE S

Cálculo da Vazão	Macro drenagem	1
Declividade	Comp. Horiz.	1.271,89 m
	Comp. Vert.	20,00 m
	Declividade	0,02 m/m
Raio Hidráulico do canal da Avenida Sanitária Trecho I	Base	2,96 m
	Altura	1,70 m
	Área	5,03 m ²
	Perímetro	6,36 m
	Raio Hidráulico	0,79 m
Raio Hidráulico dos canais de desvio da vazão excedente	Base	2,10 m
	Altura	2,00 m
	Área	4,20 m ²
	Perímetro	6,10 m
	Raio Hidráulico	0,69 m
Coefficiente de rugosidade de Manning (adimensional)	Concreto ou argamassa de cimento com acabamento áspero	0,02
Cálculo da velocidade de escoamento do canal da Avenida Sanitária Trecho I	R (Raio Hidráulico)	0,79 m
	i (declividade média)	0,02 m/m
	n (Coeficiente de rugosidade de Manning)	0,02
	V (Velocidade de escoamento)	5,36 m/s
Cálculo da velocidade de escoamento dos canais de desvio da vazão excedente	R (Raio Hidráulico)	0,69 m
	i (declividade média)	0,02 m/m
	n (Coeficiente de rugosidade de Manning)	0,02
	V (Velocidade de escoamento)	4,89 m/s
Comparando a velocidade encontrada com a velocidade recomendada em projetos.	Velocidade Máxima	6,00 m/s
	Velocidade encontrada para o canal da Avenida Sanitária Trecho I	5,36 m/s
	Velocidade encontrada para os canais de desvio da vazão excedente	4,89 m/s
Determinação da vazão do canal da Avenida Sanitária Trecho I	V (Velocidade de escoamento)	5,36
	A (Área)	5,03 m/s
	Vazão da Macro drenagem	26,97 m ³
Determinação da vazão dos canais de desvio da vazão excedente	V (Velocidade de escoamento)	4,89
	A (Área)	4,20 m/s
	Vazão da Macro drenagem	20,53 m ³
Vazão da Macro drenagem	Vazão do canal da Avenida Sanitária Trecho I	26,97 m ³
	Vazão dos canais de desvio da vazão (2x)	20,53 m ³
	Vazão total da Macro drenagem	68,03 m³

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

APÊNCIDE T

Cálculo da Vazão	Macro drenagem	2
Declividade	Comp. Horiz.	1.552,83 m
	Comp. Vert.	20,00 m
	Declividade	0,01 m/m
Raio Hidráulico do canal da Avenida Sanitária Trecho I	Base	4,91 m
	Altura	1,90 m
	Área	9,34 m ²
	Perímetro	8,71 m
	Raio Hidráulico	1,07 m
Raio Hidráulico dos canais de desvio da vazão excedente	Base	2,00 m
	Altura	2,00 m
	Área	4,00 m ²
	Perímetro	6,00 m
	Raio Hidráulico	0,67 m
Coefficiente de rugosidade de Manning (adimensional)	Concreto ou argamassa de cimento com acabamento áspero	0,02
Cálculo da velocidade de escoamento do canal da Avenida Sanitária Trecho I	R (Raio Hidráulico)	1,07 m
	i (declividade média)	0,01 m/m
	n (Coeficiente de rugosidade de Manning)	0,02
	V (Velocidade de escoamento)	5,94 m/s
Cálculo da velocidade de escoamento dos canais de desvio da vazão excedente	R (Raio Hidráulico)	0,67 m
	i (declividade média)	0,01 m/m
	n (Coeficiente de rugosidade de Manning)	0,02
	V (Velocidade de escoamento)	4,33 m/s
Comparando a velocidade encontrada com a velocidade recomendada em projetos.	Velocidade Máxima	6,00 m/s
	Velocidade encontrada para o canal da Avenida Sanitária Trecho I	5,94 m/s
	Velocidade encontrada para os canais de desvio da vazão excedente	4,33 m/s
Determinação da vazão do canal da Avenida Sanitária Trecho I	V (Velocidade de escoamento)	5,94
	A (Área)	9,34 m/s
	Vazão da Macro drenagem	55,48 m ³
Determinação da vazão dos canais de desvio da vazão excedente	V (Velocidade de escoamento)	4,33
	A (Área)	4,00 m/s
	Vazão da Macro drenagem	17,32 m ³
Vazão da Macro drenagem	Vazão do canal da Avenida Sanitária Trecho I	55,48 m ³
	Vazão dos canais para desvio da vazão (2x)	17,32 m ³
	Vazão total da Macro drenagem	90,12 m³

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.