

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ALINE PAULA ASSMANN
CAROLINE DALLA LASTA**

**A INFLUÊNCIA DA DRENAGEM URBANA NAS ENCHENTES
RURAIS: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE SÃO JORGE
D'OESTE - PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PATO BRANCO
2015**

**ALINE PAULA ASSMANN
CAROLINE DALLA LASTA**

**A INFLUÊNCIA DA DRENAGEM URBANA NAS ENCHENTES
RURAS: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE SÃO JORGE
D'OESTE – PR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria da Purificação Teixeira.

**PATO BRANCO
2015**



TERMO DE APROVAÇÃO

A INFLUÊNCIA DA DRENAGEM URBANA NAS ENCHENTES RURAIS: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE SÃO JORGE D`OESTE – PR

ALINE PAULA ASSMANN

e

CAROLINE DALLA LASTA

No dia 17 de junho de 2015, às 08h15min, na Sala de Treinamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após arguição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná– UTFPR, conforme Ata de Defesa Pública nº 07-TCC/2015.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. MARIA DA PURIFICAÇÃO TEIXEIRA (DACOC / UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof^a. Msc. DANIELLI BATISTELLA (DAAGR / UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca Prof. Dr. SÍLVIO HENRIQUE DELLEPOSTE ANDOLFATO (DACOC / UTFPR-PB)

*Dedicamos esse trabalho aos nossos pais, familiares
e amigos que foram nossa fortaleza nos
momentos difíceis e hoje se alegram ao ver
nossa conquista.*

Nossos eternos agradecimentos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, por ter nos proporcionado a experiência da vida, e nela ter nos presenteado com nossas famílias que são tudo para nós.

As nossas famílias por cumprirem tão bem os seus papéis de amparo e proteção durante nossa caminhada.

Aos nossos amigos, por todo apoio e incentivo para a conclusão dessa etapa. Obrigada a todos pelo companheirismo.

Aos professores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus Pato Branco*, pelo conhecimento transmitido durante toda a graduação, em especial a nossa Orientadora Prof^a. Dr^a. Maria da Purificação Teixeira pela paciência e dedicação em conduzir este trabalho, a Prof^a. Msc. Danielli Batistella que no primeiro momento foi nossa coorientadora e nos auxiliou em tudo o que fora preciso e ao Prof. Dr. Sílvio Henrique Delleposte Andolfato pela disponibilidade e contribuições para a finalização deste trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram para a construção de quem somos hoje.

A vocês, os nossos mais sinceros agradecimentos.

*“Devemos nos tornar a mudança que desejamos
ver no mundo”.*

Mahatma Gandhi

RESUMO

ASSMANN, Aline P.; DALLA LASTA, Caroline. **A influência da drenagem urbana nas enchentes rurais: estudo de caso no município de São Jorge D'Oeste – PR.** 2015, 74 pág. Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Pato Branco, 2015.

O objetivo da pesquisa consiste em estudar a bacia hidrográfica do Rio Faxininha, localizada no município de São Jorge D'Oeste, Sudoeste do Paraná, com a pretensão de levantar as possíveis causas das enchentes ocorridas na área rural deste município. A metodologia fundamenta-se em estudar a morfometria da bacia hidrográfica, bem como o uso do seu solo, realizar um mapeamento fotográfico em registros existentes na Prefeitura Municipal e ainda levantamento de campo para melhor visualizar as condições ambientais da bacia em estudo. Quanto ao mapeamento do uso do solo constatou-se que 68,26% da área da bacia hidrográfica em estudo correspondem ao cultivo agrícola, 25,79% às matas e 5,95% à área urbana, sendo que, na área urbana a densidade de matas ciliares é muito baixa e, em alguns casos, inexistente. Ao percorrer alguns trechos do Rio Faxininha no levantamento de campo puderam-se perceber vários problemas ambientais relacionados à ação antrópica, tais como a ocupação do leito do rio, assoreamento, baixa densidade ou inexistência de mata ciliar, acúmulo de resíduos sólidos tanto nas margens quanto no próprio corpo hídrico, presença de esgoto sanitário, entre outros. A interferência do homem na área urbana do Município se comporta como um agravante para as áreas rurais situadas a jusante, ocasionando prejuízos à população que reside no meio rural. O diagnóstico preliminar realizado foi possível, em tempo relativamente curto de experimentação científica, mediante a abordagem metodológica diferenciada a partir da construção de cenários descritivos.

Palavras-chave: Enchente rural; Bacia Hidrográfica.

ABSTRACT

ASSMANN, Aline P.; DALLA LASTA, Caroline. **Influence of urban drainage in rural floods: a case study in São Jorge D'Oeste - PR.** 2015, 74 pág. Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Pato Branco, 2015.

The purpose of the research is to study the Faxininha river basin, located in São Jorge D'Oeste, Paraná Southwest, with intent identify possible causes of the floods occurred in the rural area within the city hall. The methodology is based on study the watershed morphometry and use of soil in the area, making a photographic mapping with the photography registers exist in the city hall and make a field research to better visualize the environmental conditions of watershed study. With the use of its soil map was found that 68.26% of watershed area study correspond at agriculture, 25.79% to the forests and 5.95% urban area. In the urban area density of riparian vegetation is sparse or inexistent. Various environmental concerns related to anthopic action were identified, as river bed occupancy, siltation, sparse or inexistent riparian vegetation, trash accumulated in the river area, sewage into the river, and others observations. The anthopic interference in the urban area of the city hall results in aggravating factor for downstream rural areas, causing losses at population living here. The preliminary diagnosis was possible, in relatively short scientific experimentation time, because of differentiated methodological approach in the construction of descriptive scenarios.

Keywords: Rural floods; Watershed.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Reservatório do lote	18
Figura 2: Seção da sarjeta	15
Figura 3: Tipos de Bocas de lobo.....	16
Figura 4: Características dos leitos do rio	18
Figura 5: Processo de impacto da drenagem urbana.....	22
Figura 6: Definição da zona de passagem de enchente	25
Figura 7: Estrutura do plano diretor de drenagem urbana.....	30
Figura 8: Características das alterações de uma área rural para urbana.....	34
Figura 9: Ciclo da água no ambiente urbano ou ciclo de contaminação da água urbana devido a falta de tratamento de esgoto e controle do esgoto pluvial na realidade brasileira.....	36
Figura 10: Fluxograma de Pesquisa.....	38
Figura 11: Localização bacia hidrográfica do Rio Faxininha	40
Figura 12: Precipitação anual média	41
Figura 13: Ordenação da rede de drenagem pelo método de Strahler	45
Figura 14: Bacia hidrográfica do Rio Faxininha.....	47
Figura 15: Mapa de uso do solo - bacia hidrográfica do Rio Faxininha.....	48
Figura 16: Ordem dos rios pela classificação de Strahler	50
Figura 17: Situação dos pontos do mapeamento fotográfico	52
Figura 18: Percurso Urbano do Rio Faxininha	53
Figura 19: Cenário descritivo 01 - Ponto 01	54
Figura 20: Cenário descritivo 02 - Ponto 02	55
Figura 21: Cenário descritivo 03 - Ponto 02	56
Figura 22: Cenário descritivo 04 - Ponto 03	57
Figura 23: Cenário descritivo 05 -Ponto 03	58
Figura 24: Cenário descritivo 06 – Ponto 04	59
Figura 25: Cenário descritivo 07– Ponto 05	60
Figura 26: Cenário descritivo 08 – Ponto 06	61
Figura 27: Cenário descritivo 09 - Ponto 06	62
Figura 28: Cenário descritivo 10 – Ponto 07	63
Figura 29: Cenário descritivo 11- Ponto 08	64

Figura 30: Cenário descritivo 12 – Ponto 09	65
Figura 31: Cenário descritivo 13 - Ponto 10	66
Figura 32: Cenário descritivo 14 - Ponto 11	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Terminologia de elementos básicos do sistema pluvial.....	19
Tabela 2: Coeficiente de compacidade e sua relação com a ocorrência de enchentes	43
Tabela 3: Fator de forma e sua relação com a ocorrência de enchentes.....	44
Tabela 4: Densidade de drenagem	45
Tabela 5: Áreas conforme ocupação do solo	49
Tabela 6: Dados da bacia hidrográfica em estudo	49
Tabela 7: Características morfométricas da bacia hidrográfica em estudo	49
Tabela 8: Cenário descritivo 01 - Exutório	55
Tabela 9: Cenário descritivo 02 - Limite da área urbana com a área rural.....	55
Tabela 10: Cenário descritivo 03 (ponto 02) - Limite da área urbana com a área rural	56
Tabela 11: Cenário descritivo 04 (ponto 03) - Ponto de alagamento na Rua Mato Grosso.....	57
Tabela 12: Cenário descritivo 05 (ponto 03) – Rua Mato Grosso.....	58
Tabela 13: Cenário descritivo 06 (ponto 04) – Avenida Coronel Henrique Rupp	59
Tabela 14: Cenário descritivo 07 (ponto 05) – Rua Francisco Debortoli	60
Tabela 15: Cenário descritivo 08 (ponto 06) – Rua Joaçaba	61
Tabela 16: Cenário descritivo 09 (ponto 06) – Rua Joaçaba	62
Tabela 17: Cenário descritivo 10 (ponto 07) – Rua Campos Novos.....	63
Tabela 18: Cenário descritivo 11 (ponto 08) – Rua Norberto Jelonschek	64
Tabela 19: Cenário descritivo 12 (ponto 09) – Rua Rio de Janeiro	65
Tabela 20: Cenário descritivo 13 (ponto 10) – Ramificação do Rio Faxinha passando por lotes	66
Tabela 21: Cenário descritivo 14 (ponto 11) – Alagamento em área rural	67

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. OBJETIVOS.....	14
1.1.1 Objetivo Geral.....	14
1.1.2 Objetivos Específicos.....	14
1.2 JUSTIFICATIVA.....	15
2. DRENAGEM URBANA	17
2.1. FONTE.....	17
2.2. MICRODRENAGEM	18
2.2.1. Perfis longitudinal e transversal de ruas	14
2.2.2. Sarjetas e bocas de lobo	15
2.2.3. Galerias e poços de visita.....	16
2.2.4. Bacia hidrográfica e áreas deliberadamente alagadas	17
2.3. MACRODRENAGEM.....	18
2.3.1. Corpo hídrico	19
3. URBANIZAÇÃO	20
4. ENCHENTES RURAIS.....	24
4.1. ENCHENTES.....	24
4.2. FALTA DE MOBILIDADE NO MEIO RURAL	25
4.3. FATORES SOCIOECONÔMICOS.....	26
4.4. PLUVIOSIDADE	26
4.5. AÇÕES ANTRÓPICAS NO MEIO RURAL	27
5. PERMEABILIDADE DO SOLO	28
5.1. OCUPAÇÃO DO SOLO	28
5.2. PLANO DIRETOR.....	29
5.3. PERMEABILIDADE X ESCOAMENTO SUPERFICIAL	32
5.4. PERMEABILIDADE X CICLO HIDROLÓGICO.....	32

6.	CONTROLE DA QUALIDADE DAS ÁGUAS PLUVIAIS	35
7.	METODOLOGIA	37
7.1.	DELINEAMENTO DA PESQUISA	37
8.	ESTUDO DE CASO	40
8.1.	LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FAXININHA	40
8.2.	INDICAÇÃO DAS PRECIPITAÇÕES MÉDIAS ANUAIS.....	41
8.3.	CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA EM ESTUDO	42
8.3.1.	Área e perímetro	42
8.3.2.	Coeficiente de Compacidade.....	42
8.3.3.	Fator de forma	43
8.3.4.	Ordem dos rios	44
8.3.5.	Densidade de drenagem.....	45
8.4.	MAPEAMENTO FOTOGRÁFICO	46
9.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
9.1.	DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FAXININHA.....	47
9.2.	MAPA DE USO DO SOLO.....	48
9.3.	CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS	49
9.4.	LEVANTAMENTO DE CAMPO E MAPEAMENTO FOTOGRÁFICO.....	51
9.5.	CONSTRUÇÃO DOS CENÁRIOS DESCRITIVOS.....	54
10.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

1. INTRODUÇÃO

Antes mesmo da existência do homem na terra já existiam as inundações. Uma das tendências do desenvolvimento humano sempre foi ocupar áreas ribeirinhas, pois assim se poderia usufruir de benefícios como: transporte, água para consumo e eliminação de dejetos, além de as proximidades dos rios comumente serem áreas planas, propiciando ocupação (Tucci, 2005).

Porém, as áreas de leitos são frequentemente inundadas ocasionando sérios prejuízos à população que reside nessas localidades que, além de perdas materiais, sofre com doenças diretamente ligadas as condições insalubres.

Conforme o Anuário Brasileiro de Desastres Naturais do ano de 2012, 376 desastres naturais ocorridos no mesmo ano afetaram 16.977.614 pessoas em todo o Brasil, sendo o maior responsável por estes desastres o fenômeno da seca/estiagem, e em segundo lugar as inundações. Contabilizou-se ainda 5.185.018 pessoas afetadas por inundações, ou seja, cerca de 30,54% do total de atingidos por desastres naturais (CENAD, 2012).

No que se refere ao Estado do Paraná, segundo o periódico de notícias do Senado Federal (2014), mais de 600 mil pessoas foram afetadas pelas enchentes de junho do mesmo ano, dentre estas, 11 óbitos. Considerada a pior tragédia natural nas últimas décadas no Estado, tendo como 147 o número de municípios que decretaram situação de emergência, sendo um desses o município de São Jorge D'Oeste-PR.

O descuido com a drenagem urbana representa uma fonte relevante de prejuízos para a população urbana das cidades. Para o controle desse processo tem-se realizado pouco, pois o evento é tratado com aceitação, quando na realidade é uma fatalidade causada pela inadequada urbanização. Por meio do plano diretor de uma cidade podem-se implantar medidas administrativas e técnicas fazendo com que ocorra regulamentação e controle distribuído da ocupação do solo (TUCCI e COLLISCHONN, 1998).

A regulamentação da ocupação do solo deve abranger tanto a área urbana quanto a rural, visto que uma não está isolada da outra, assim, tornando harmônica a interação entre esses meios.

Para Miola (2013) quando o ambiente rural é modificado por ações do homem, estas podem ocasionar alterações no escoamento superficial, que evidenciam a

peculiaridade da relação da chuva com a vazão, e por consequência podem causar inundações, escorregamento de encostas e diversos tipos de erosões.

Com base nesses entendimentos, lança-se a seguinte hipótese para investigação: Em contextos específicos, há interferência da drenagem urbana no fenômeno de enchentes rurais?

De forma a tentar entender e responder esta pergunta, o escopo do trabalho é composto por objetivo, justificativa, revisão bibliográfica, metodologia, estudo de caso, resultados e discussões e por fim considerações finais.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é diagnosticar as possíveis causas das enchentes rurais ocorridas na bacia hidrográfica do Rio Faxininha do município de São Jorge D'Oeste – PR.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Fazer levantamento bibliográfico sobre drenagem urbana e enchentes rurais;
- Delimitar e caracterizar a bacia hidrográfica do Rio Faxininha;
- Caracterizar as áreas permeáveis da bacia hidrográfica;
- Analisar possíveis correlações entre o funcionamento do sistema de drenagem urbana do município em estudo e o alagamento da área rural a jusante;

1.2 JUSTIFICATIVA

O crescimento urbano em países em desenvolvimento tem se realizado de forma insustentável, com deterioração da qualidade de vida e do meio ambiente. A população tem-se concentrado em pequenos espaços, impactando os ecossistemas terrestre e aquático e a própria população, com inundações e doenças. Na maioria das vezes essa urbanização acontece de forma descontrolada, produzindo impacto direto sobre a infraestrutura de saneamento, ou seja, nos sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário e pluvial. Percebe-se que essa complicação torna-se ainda maior quando a ocupação se dá nas proximidades do leito de rios (TUCCI, 2005).

TUCCI (2005, p. 42) define:

Leito menor é a seção de escoamento ou calha onde a água escoar na maior parte do tempo, delimitada por uma variação muito grande de inclinação das paredes do canal, onde o rio ocupa raramente e denominada de leito maior. O leito maior pode ser extenso, de vários quilômetros de largura e o leito menor tem alguns metros (excetuando rios de grande porte).

As áreas ribeirinhas de leito maior são as mais propícias a sofrerem com a ocorrência de enchentes, porém ainda assim estas áreas costumam ser ocupadas, estas condições geralmente são frutos de falhas no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, que muitas vezes não restringe a ocupação nas margens dos rios, bem como invasão de populações carentes, por não possuírem outro lugar para morar, ou ainda ocupação de áreas de menor risco, mas que quando são afetadas por enchentes tentem a sofrer prejuízos ainda maiores. (TUCCI, 2005).

A ocorrência de enchentes se dá quando o nível de água do canal de drenagem eleva-se pelo aumento da vazão e, assim, atinge a cota máxima do corpo hídrico. O termo inundações é usado quando a água ultrapassa a cota máxima do curso fluvial, atingindo a área de várzea (TOMINAGA et al, 2009).

Sobretudo, pensar que somente acontecem enchentes e inundações em áreas urbanas, é um equívoco. O meio rural, dependendo das condições em que se encontra, é facilmente alvo desse fenômeno, porém, segundo Miola (2013), as enchentes nas Bacias Rurais são de intensidade moderada. Há muitos fatores que podem colaborar para que este fato ocorra e estes envolvem desde a forma como acontece sua ocupação, até a influência de áreas urbanas sobre as enchentes.

Dessa forma, solidariza-se com a opinião de Miola, visto que o presente trabalho aborda análise de possíveis correlações entre o funcionamento do sistema de drenagem urbana do município em estudo e o alagamento de áreas rurais.

Basicamente o que se pretende com este estudo é diagnosticar as causas das enchentes rurais, como forma de colaborar para que posteriormente possa-se fazer algo a respeito.

O município de São Jorge D'Oeste foi atingido duas vezes em suas áreas urbanas por enxurradas ou inundações bruscas nos últimos cinco anos, segundo IBGE (INSTITUTO..., 2010). Porém, em junho do ano de 2014, ocorreu uma enchente de grande proporção (meio urbano e rural) que veio a evidenciar a importância da realização de estudos que possam apontar as possíveis causas deste fenômeno.

Ainda, os prejuízos causados pelas enchentes refletem diretamente na economia, saúde pública do município e causam grande impacto social. Sendo assim, este estudo apresenta-se como uma contribuição acadêmica e para a administração pública, bem como para os munícipes mais afetados por este problema que possui consequências calamitosas e, portanto, fica evidenciada a justificativa deste trabalho.

Neste contexto, a viabilidade do estudo se revela dado o interesse da Administração Municipal em colaborar para sua realização, disponibilizando dados e projetos necessários, visto que os resultados podem vir a contribuir para o desenvolvimento da cidade.

Por fim, a originalidade deste trabalho evidencia-se pelo fato de que ainda não se realizaram estudos com este mesmo objetivo no município em questão, privilegiando as áreas rurais.

2. DRENAGEM URBANA

A drenagem urbana é um dos principais sistemas relacionados com a água no meio urbano. Esta compreende a rede de coleta da água (e resíduos sólidos), que se origina devido à precipitação incidente nas superfícies urbanas, o seu tratamento e seu regresso aos rios (TUCCI, 2005).

Os sistemas de drenagem são definidos na fonte, microdrenagem e macrodrenagem (TUCCI, 2003).

2.1. FONTE

Para atender o escoamento que ocorre no lote, edificações, estacionamentos, parques e passeios, adota-se a prática da drenagem na fonte, ou seja, parte do escoamento fica retida no local (TUCCI, 2003).

Recentemente, os próprios lotes urbanos estão sendo estudados como ferramenta de armazenamento temporário difuso, com objetivo de reduzir vazões (GENZ e TUCCI, 1995 apud POMPÊO, 2000, p.16).

Em decorrência disto, Pompêo (2000) elabora duas considerações. A primeira é que o emprego dessa técnica é delicado, uma vez que é necessária implantação da técnica em todas as propriedades individualmente, e ainda exige comprometimento do morador em fazer manutenção permanente nas instalações do sistema. A outra consideração refere-se ao fato de que as galerias deverão possuir capacidade e serem previstas para atuação independente em situações emergenciais para que não haja agravamento dos problemas.

Na figura 1 pode-se observar um exemplo de sistema de drenagem do próprio lote.

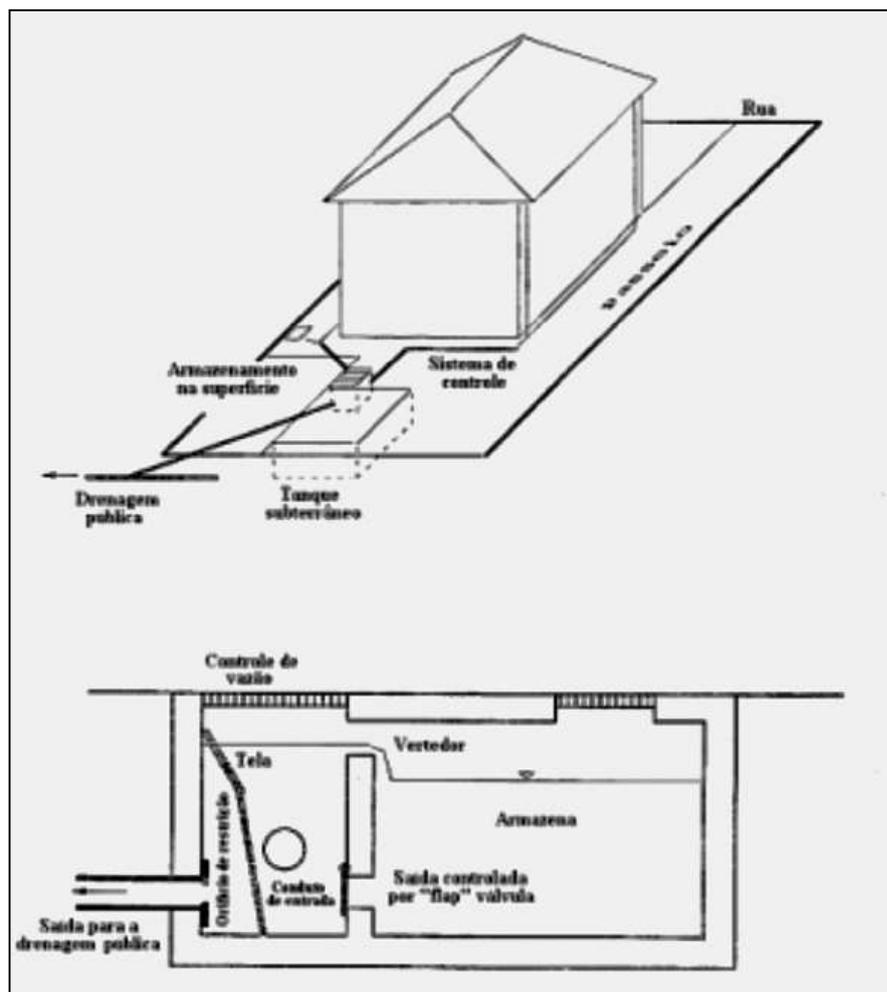


Figura 1: Reservatório do lote
 FONTE: TUCCI (2003)

2.2. MICRODRENAGEM

A microdrenagem, ao nível de loteamento ou rede primária urbana, é constituída por sistema de condutos pluviais ou canais, projetados para solucionar a drenagem de precipitações de risco moderado (TUCCI, 2003).

A microdrenagem tradicional tem como medida de controle de escoamento a drenagem de área desenvolvida por meio de condutos pluviais até um coletor principal ou riacho urbano (TUCCI, 2005).

O sistema de drenagem bem como as redes de água, esgotamento sanitário, dentre outros, compõe o conjunto de melhoramentos públicos existentes em uma área urbana. Este sistema tem como particularidade o escoamento das águas das

tormentas, que sempre ocorrerá existindo ou não sistema de drenagem adequado, frente a isso, sua qualidade determinará as dimensões de benefícios ou prejuízos à população (FUNDAÇÃO..., 1999).

Porto et al (2009) definem as principais obras e elementos empregados no dimensionamento do sistema de drenagem pluvial (tabela 1).

Tabela 1: Terminologia de elementos básicos do sistema pluvial

ELEMENTO	FUNÇÃO
Galeria	Canalização pública destinada a conduzir as águas pluviais provenientes das bocas de lobo e ligações privadas.
Poços de visita	Dispositivos localizados em pontos convenientes do sistema de galerias permitindo mudanças de direção, declividade, diâmetro e inspeção e limpeza das canalizações.
Trecho	Porções de galerias situadas entre dois poços de visita.
Bocas de lobo	Dispositivos localizados em pontos convenientes das sarjetas para captação de águas pluviais.
Tubo de ligação	Canalizações que conduzem águas pluviais captadas nas bocas de lobo para as galerias ou poços de visita.
Meio fio	Elemento de pedra ou concreto instalados entre passeio e via pública paralelamente ao eixo da rua e com sua face superior no mesmo nível do passeio.
Sarjetas	Faixas de via pública paralelas ao meio fio, receptora das águas pluviais que incidem sobre a via pública e escoam para sua calha.
Sarjetões	Calhas localizadas nos cruzamentos de vias públicas destinadas a orientar o fluxo das águas que escoam pelas sarjetas.
Conduitos forçados	Destinados a condução de águas pluviais coletadas de maneira segura e eficiente, sem preencher completamente a seção transversal dos condutos.
Estações de bombeamento	Destinados a retirar água de um canal de drenagem, quando não mais houver condição de escoamento por gravidade.

FONTE: Adaptado de Porto et al (2009).

2.2.1. Perfis longitudinal e transversal de ruas

Em uma área urbana, para Porto et al (2009), “a microdrenagem é essencialmente definida pelo traçado das ruas”.

O perfil longitudinal (greide), assim como o perfil transversal de uma via, são relevantes componentes da concepção do sistema de microdrenagem urbana, pois estes elementos são fundamentais para o direcionamento das águas pluviais no escoamento superficial. (TEIXEIRA, 2014).

Segundo o Instituto de Infraestruturas Rodoviárias (InIR) (2010), para obtenção de um traçado adequado em planta e perfil longitudinal, devem ser respeitados alguns princípios, dentre eles, destaca-se no contexto de drenagem urbana a integração do traçado de uma via com o meio ambiente. A inclinação transversal, nos alinhamentos retos, deve ser projetada para garantir a drenagem superficial da via, visto que esta garante que a direção do escoamento seja no menor comprimento de drenagem.

De acordo com o Instituto das Águas do Paraná, as águas que incidem em áreas urbanas escoam inicialmente pelos terrenos até chegarem às ruas. Estas, por sua vez, possuem declividade transversal e inclinação longitudinal, ligeiramente escoando as águas para as sarjetas e, posteriormente, rua abaixo (INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ, 2002).

Existem duas hipóteses para o cálculo da capacidade de condução da rua ou da sarjeta (INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ, 2002).

- A água escoando por toda a calha da rua;
- A água escoando somente pelas sarjetas.

Observa-se na figura 2, que para ambas as hipóteses, a declividade da seção transversal da rua é de 3%, porém a altura da água na sarjeta na primeira hipótese $h_1 = 0,15\text{m}$, enquanto para a segunda $h_2 = 0,10\text{m}$.

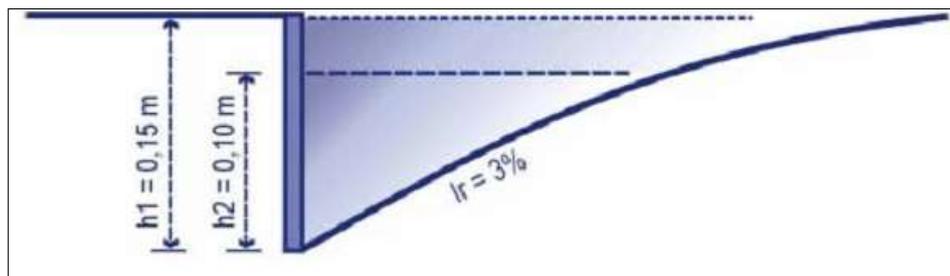


Figura 2: Seção da sarjeta
FONTES: INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ (2002).

2.2.2. Sarjetas e bocas de lobo

As sarjetas podem ser entendidas como faixas de via pública paralelas e vizinhas ao meio-fio. A calha formada recebe as águas pluviais que escoam sobre as vias públicas (SILVEIRA, 2002).

As bocas de lobo são elementos responsáveis pela captação das águas das sarjetas (NETO, 2008).

Com função de captar as águas pluviais das ruas, as bocas de lobo são dispositivos situados em pontos convenientes nas sarjetas. Quando a capacidade de “engolimento” for ultrapassada, ou ainda quando a saturação da sarjeta exigir, as bocas de lobo deverão ser dispostas em ambos os lados da rua e preferencialmente nos pontos baixos da quadra. O espaçamento máximo recomendado entre elas é de 60 metros, caso não seja analisada a capacidade de escoamento da sarjeta. As bocas de lobo deverão ser instaladas em pontos pouco a montante das faixas de travessia de pedestres, junto às esquinas. Deve-se evitar a locação de bocas de lobo no encontro do vértice de duas ruas convergentes (PORTO et al, 2009).

Podem-se observar as tipologias de bocas de lobo pela figura 3, abaixo.

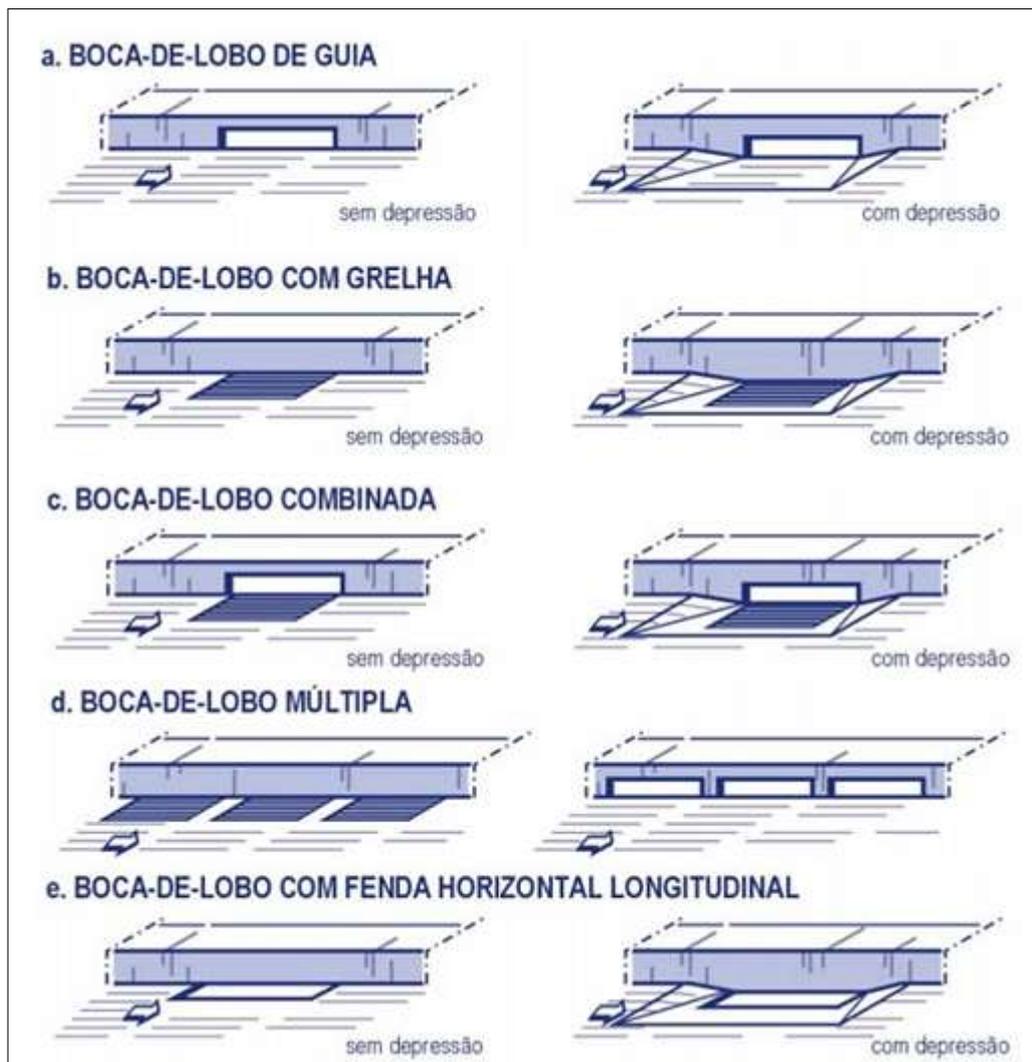


Figura 3: Tipos de Bocas de lobo
FONTE: DAEE/CETESB (1980) apud INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ (2002).

2.2.3. Galerias e poços de visita

O traçado das galerias deve ser planejado visando abranger todas as áreas, para assim promover condições adequadas de drenagem. As galerias são projetadas para trabalharem em seção plena, possuem diâmetro mínimo recomendado de 30 centímetros, e a velocidade que a água atinge nas canalizações depende do material que as constituem. Sempre que possível, as galerias deverão ser lançadas sobre os passeios (PORTO et al, 2009).

O uso de galerias, conforme o Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre, muitas vezes busca eliminar as águas de contribuição das sarjetas e bocas de

lobo o mais rápido possível, porém, esta medida não resolve o problema, e sim transfere (INSTITUTO..., 2005).

Os poços de visita têm a função de possibilitar a manutenção das canalizações, por proporcionar acesso para limpeza e inspeção e, dessa forma assegura seu funcionamento. Além disso, sugere-se que os poços de visita sejam localizados nos pontos de mudança de direção, em cruzamentos (onde chegam vários coletores) e em mudança de declividade e diâmetro. Os poços de visita são espaçados em função do diâmetro ou altura do conduto (PORTO et al, 2009).

2.2.4. Bacia hidrográfica e áreas deliberadamente alagadas

Bacia hidrográfica, também denominada bacia de contribuição de uma seção ou de um curso d'água, é a área geográfica responsável pela coleta da água da chuva que atinge a seção considerada, escoando pela superfície do solo (PINTO, N. L. de Souza, 1976).

Um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais trata-se da caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica e tem como objetivo esclarecer as variáveis ligadas ao entendimento da dinâmica ambiental, local e regional (TEODORO et al, 2007).

A análise de bacias hidrográficas compreende características físicas, que envolvem fatores de forma, como área da bacia e sua forma geométrica, e os processos hidrológicos, relacionados com o balanço hídrico, escoamento superficial e deflúvio (JABUR, 2010).

Quando há precipitação intensa e o solo já não tem mais a capacidade de infiltrar, então grande parte do volume da água esco para o sistema de drenagem. Quando esse volume excedente não consegue ser drenado, ocupa a várzea do rio, inundando conforme a topografia próxima lhe permite. São as denominadas inundações ribeirinhas, as inundações que ocorrem aleatoriamente, conforme os processos climáticos locais e regionais (TUCCI, 2003).

As condições meteorológicas e hidrológicas são as responsáveis pelas inundações, sendo a segunda advinda de condições naturais ou artificiais. As

condições naturais podem ser referentes ao relevo, tipo de precipitação, cobertura vegetal, capacidade de drenagem, entre outros fatores da bacia em seu estado natural (TUCCI, 2005).

Além disso, existe a inundação devido à urbanização, que se dá na medida em que o solo é impermeabilizado e o escoamento acelerado por meio de condutos e canais, desta forma aumentando a quantidade de água que chega ao sistema de drenagem ao mesmo tempo (TUCCI, 2003).

O leito menor é aquele onde a água escoar na maior parte do tempo e o leito maior tem risco de inundação entre 1,5 e 2 anos. Na figura 4 podem-se observar os diferentes níveis do leito do rio sujeitos à inundação em decorrência do ciclo hidrológico das águas. Quando a população ocupa essa área de risco fica sujeita aos riscos decorrentes desse fenômeno (TUCCI, 2008; TUCCI, 2005).

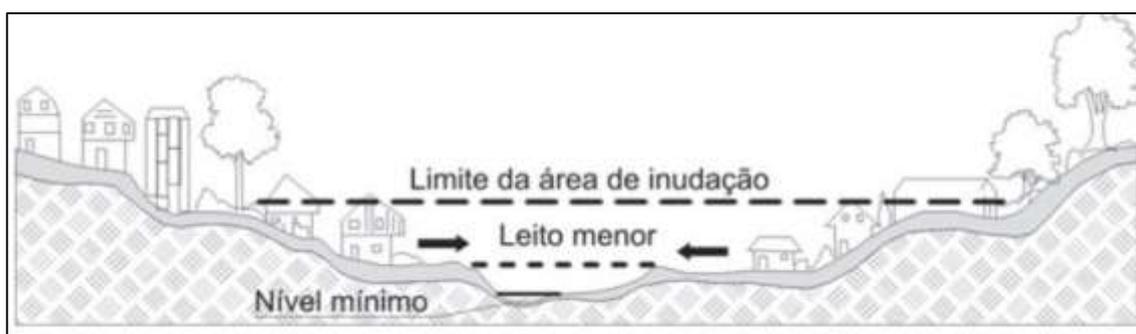


Figura 4: Características dos leitos do rio
FONTE: TUCCI (2008).

2.3. MACRODRENAGEM

A macrodrenagem é responsável por receber e interagir com os sistemas coletores de diferentes sistemas de microdrenagem. A macrodrenagem abrange áreas superiores a 2km² ou 200ha, estes valores não devem ser considerados como absolutos, pois a malha urbana pode ser configurada de diversas formas. Este sistema deve ser projetado para suportar precipitações superiores às da microdrenagem, considerando-se os potenciais riscos de perdas humanas e materiais (TUCCI, 2003).

Segundo Instituto das Águas do Paraná (2002), as obras de macrodrenagem são empregadas basicamente em duas situações:

- Medidas corretivas – quando as inundações já acontecem nas áreas urbanizadas;
- Medidas preventivas – quando não é possível atenuar os impactos causados pelo desenvolvimento urbano somente através de ações não estruturais.

2.3.1. Corpo hídrico

Corpo d'água ou corpo hídrico é a denominação geral para qualquer manancial hídrico, podendo compreender curso d'água, trecho de rio, reservatório natural ou artificial, entre outros (IBGE, 2011).

O corpo hídrico responsável por receber as águas pluviais coletadas pelo sistema de microdrenagem é chamado de corpo receptor e pode ser classificado quanto à sua tipologia em: curso d'água permanente (sem interrupções), curso d'água intermitente (que circula somente em certos períodos do ano), reservatório de detenção (acumulam água para amortecimento de vazões de pico) e área livre pública ou particular que detenha alguma capacidade de infiltração (IBGE, 2011).

Um dos principais dados necessários à elaboração de um projeto de rede pluvial de microdrenagem compreende as características hidrológicas do corpo receptor (SILVEIRA, 2002). Tais características são de fundamental importância, visto que é o corpo receptor que irá receber o lançamento final da microdrenagem.

Ainda, deve estar indicado o máximo nível de água do curso d'água, topografia do local de descarga final e ainda pode ser necessário fazer levantamento de áreas específicas para detenção do escoamento, de acordo com a configuração que se dará ao sistema de drenagem pluvial (INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ, 2002).

3. URBANIZAÇÃO

Uma das manifestações mais significativas da atividade humana é representada pela urbanização, fenômeno que se tornou universal recentemente na história do planeta. Em paralelo à explosiva urbanização do mundo surgem os problemas relacionados aos grandes conglomerados urbanos, constituindo umas das temáticas mais importantes do nosso tempo (TUCCI, 2003).

Segundo o periódico de notícias do Banco Mundial (The World Bank, 2013) nos países desenvolvidos, as cidades se expandiram à medida que os empregos saíam do campo para as fábricas. Esta urbanização se deu de maneira gradual e ao longo dos últimos 100 anos. Nos países em desenvolvimento as políticas e os padrões de crescimento não puderam ser testados como foram nos países desenvolvidos, pois a migração se dá de maneira acelerada, alterando a distribuição populacional do mundo. As lideranças urbanas precisam planejar e descobrir maneiras inovadoras de financiar a infraestrutura visando o mínimo impacto ambiental e prevendo possíveis vulnerabilidades e mudanças climáticas a fim de conquistar um crescimento sustentável.

Geralmente a população que migra para as cidades é de baixa renda e não possui capacidade de investimento, assim tende a comprar áreas precárias ou invadir áreas públicas sem infraestrutura, dificilmente englobadas pelo planejamento da gestão urbana, sendo assim, a população acaba vivendo, por vezes, sem abastecimento de água, esgotamento sanitário, gestão de resíduos sólidos e águas pluviais e ainda sujeita a contrair doenças. Ademais, a ocupação do leito maior de rios e várzeas é comum, ficando a população vulnerável à enchentes e inundações, bem como outros eventos naturais (TUCCI, 2005).

Tendo em vista que a ocupação do leito do rio é algo comumente encontrado na ocupação informal, quando ocorrem eventos climáticos, tais como enchentes e inundações, a população que ocupa essas áreas fica vulnerável,

Nas últimas décadas o crescimento ocorrido tornou o Brasil um País essencialmente urbano, onde 85,43% da população residem em áreas urbanas (IBGE, 2014).

A população e o meio ambiente têm sofrido grandes impactos causados pela tendência de urbanização das cidades brasileiras, e estes comprometem a qualidade

de vida da população por meio do aumento do nível e da frequência das inundações, deteriora a qualidade da água e gera acréscimo do volume de materiais sólidos no escoamento pluvial (TUCCI, 2003).

Tucci (2012) afirma que a cidade pode chegar ao caos se não for instituído um controle para os efeitos causados pelo meio socioeconômico urbano. Parte da biodiversidade natural está sendo destruída devido a concentração urbana da população em espaços reduzidos, e esta é movida pela competição pelos mesmos recursos naturais (solo e água).

Parte significativa dos problemas da urbanização, especialmente nas últimas décadas, segundo Tucci (2005), ocorrem por um ou mais fatores, tais como:

- A população migrante para as cidades comumente possui baixa renda, tendendo a instalar-se em áreas públicas ou adquirir áreas precárias sem infraestrutura, da organização informal, que compreendem locais de risco de deslizamento e inundação;
- Déficit elevado de emprego, renda e moradia;
- Legislações falhas no que se refere ao controle do espaço urbano;
- Incapacidade do município em prever a urbanização, planejar e investir em espaços seguros e adequados para uso e ocupação;
- Crise econômica nos países.

O fenômeno de circulação de água entre a superfície terrestre e a atmosfera é denominado ciclo hidrológico natural e é fomentado pela energia solar combinada à ação da gravidade e rotação terrestre. Basicamente ocorrem precipitações e parte da água fica retida na vegetação terrestre e outra atinge o solo. Parcela que atinge o solo fica retida por infiltração e percolação ou ainda escoar para algum corpo hídrico próximo posteriormente sendo infiltrada, evaporada ou amortecida. A água evaporada volta à atmosfera e, dependendo das condições em que se encontra pode voltar a condensar-se e precipitar, repetindo o ciclo hidrológico natural (SILVEIRA, 2002).

O desenvolvimento urbano provoca alterações nos componentes do ciclo hidrológico natural. Na medida em que se altera a cobertura vegetal, impermeabilizando o solo por meio de telhados, ruas, calçadas e pátios, a água que antes infiltrava, passa a escoar pelos condutos, aumentando o escoamento superficial (TUCCI, 2003).

Na figura 5 pode-se observar o processo de impacto da drenagem urbana.



Figura 5: Processo de impacto da drenagem urbana
 FONTE: TUCCI, 2003 (apud INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ, 2002, p.106).

Embora o planejamento urbano envolva fundamentos interdisciplinares, não tem se considerado aspectos fundamentais, gerando grandes custos para a sociedade e meio ambiente, aumentando a frequência das inundações, produção de sedimentos e qualidade da água (TUCCI, 1997).

Nesse contexto, o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira juntamente com o Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (2010) descrevem a importância da engenharia civil, bem como da engenharia de recursos hídricos, pois nessas áreas existem técnicos que possuem conhecimento para atuar na elaboração dos sistemas de saneamento das cidades. Há também um contexto interdisciplinar que integra as áreas de Engenharias com conhecimentos de áreas das Ciências Humanas, almejando preparar profissionais com sensibilidade social e ambiental que possuam visões econômicas para o emprego de técnicas.

Zuffo e Teixeira (2012) observam que a concentração urbana e demográfica, junto às suas responsabilidades sociais e ambientais estão fortemente relacionadas ao projeto de drenagem urbana sustentável.

4. ENCHENTES RURAIS

4.1. ENCHENTES

O Anuário Brasileiro de Desastres Naturais (2013) informa que 5,2 milhões de habitantes foram atingidos por inundações no Brasil no ano de 2012. Apesar de se tratar de função destacada da constituição, negligencia-se o fortalecimento de uma estrutura institucional de controle de enchentes e seus efeitos, pois se leva em consideração que enchentes não geram recursos e sim “prejuízos” (TUCCI, 2002).

As enchentes são fenômenos naturais que ocorrem periodicamente nos cursos d'água decorrentes de precipitações intensas. Fatores que modificam o meio, como o desmatamento e a substituição da cobertura vegetal, em algumas situações, tem como resultado a simultânea redução dos tempos de concentração e aumento do volume que escoam superficialmente, extravasando cursos d'água. Dessa forma, associada à importância da inter-relação entre uso e ocupação do solo com os processos hidrológicos superficiais, se faz necessário considerar a extensão superficial na qual essas relações se manifestam na abordagem do problema (POMPÊO, 2000).

Na figura 6 observa-se a zona de passagem da enchente, que deve ficar desobstruída para funcionar hidráulicamente, evitando gerar aumento de níveis para montante. A zona de amortecimento das enchentes fica restrita a ocupação, visto que fica inundada, mas devido às pequenas profundidades e baixas velocidades não contribuem significativamente para a drenagem da enchente. (POMPÊO, 2000).

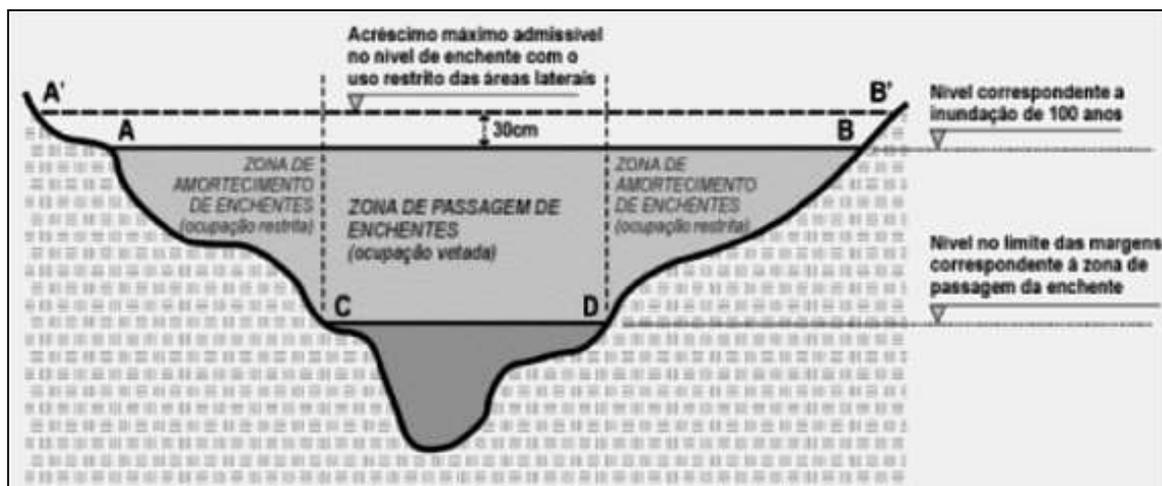


Figura 6: Definição da zona de passagem de enchente
 FONTE: TUCCI (2003).

4.2. FALTA DE MOBILIDADE NO MEIO RURAL

Nas comunidades rurais as famílias aglomeram-se em pequenos núcleos de convivência, e outros em locais onde a vizinhança mais próxima situa-se até mesmo há quilômetros de distância, com acesso por meio de um único caminho ou estrada. Ademais, toda a cadeia produtiva, envolvendo deslocamento de pessoas, máquinas e insumos, depende das boas condições do tráfego pelas estradas (MIOLA, 2013).

Quando ocorrem precipitações intensas e prolongadas que causam enchentes, muitos trechos da configuração viária rural ficam interrompidos, especialmente os situados em várzeas. Além disso, outros fatores agravam a situação da mobilidade rural, como a falta de manutenção do pavimento das estradas rurais (predominantemente de terra), trechos das estradas que cruzam com a rede hidrográfica onde há pontos com rompimento de pontes, passagens, galerias, escorregamento de encostas, assoreamento de arroios por troncos e galhos de árvores, dentre outros problemas decorrentes de enchentes (MIOLA, 2013).

Segundo o mesmo autor, pode servir de auxílio quanto à questão da mobilidade em situação de enchentes, a especificação de zonas onde podem ocorrer rompimentos e bloqueios da rede viária a partir de dados de precipitações pluviométricas referentes às perturbações anteriores.

4.3. FATORES SOCIOECONÔMICOS

Os fatores socioeconômicos estão relacionados ao número de perdas humanas e aos danos materiais (TEIXEIRA, 2014).

Quando ocorrem enchentes nas áreas rurais e há perda de cultivos, os trabalhadores rurais são os mais afetados, pois sua renda fica comprometida e a recuperação se dá de forma lenta. A economia local também sofre efeitos, logo que a capacidade de aquisição se reduz. Além disso, as vítimas desses desastres e suas famílias sofrem efeitos psicossociais, seja ele pela perda de entes queridos ou mesmo pela perda de bens e meios de subsistência, deteriorando relações comerciais e sociais e conseqüente aparecimento de uma pressão psicológica constante (OMM, 2006).

Ainda, segundo a OMM (2006), a ocorrência repetida de inundações pode desencorajar o investimento a longo prazo na região, afetando seu crescimento econômico. A falta de desenvolvimento nas áreas propensas à inundação pode levar a desigualdades sociais, bem como implicações políticas devido ao descontentamento da população.

4.4. PLUVIOSIDADE

A precipitação é um dado hidrológico de entrada indispensável para determinar as vazões de projeto em obras de drenagem pluvial. É medida de forma pontual, pois as áreas de captação dos pluviógrafos e pluviômetros usuais compreendem áreas entre 200 e 400 cm². Para determinação da precipitação de projeto são necessários dados de chuva com intervalos menores que uma hora, sendo que, quando não é possível se obter esse registro, podem-se transferir os parâmetros pluviográficos dos pontos mais próximos (INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ, 2002).

De acordo com Krebs et al (1985) apud Miola (2013), dependendo da quantidade de chuva que incide em uma bacia pode haver variação natural dos níveis de água, para mais ou para menos. As chuvas mais intensas que caem sobre uma

determinada região têm como pior consequência as inundações que, associadas a fatores como o frio, granizo e vendavais podem agravar ainda mais a situação (MIOLA, 2013).

Porto et al (2009), definem período de retorno como “o inverso da probabilidade de um determinado evento hidrológico ser igualado ou excedido em um ano qualquer.

Quando se define o tempo de retorno de uma determinada obra, conseqüentemente define-se o grau de proteção proporcionado à população, e esta escolha é influenciada pelo risco aceitável pela comunidade mesmo após a obra. Outro fator que reflete diretamente na escolha do tempo de retorno é disponibilidade econômica da localidade onde a obra será implantada, uma vez que quanto maior o empreendimento maior serão os custos, sendo assim, pode-se perceber a importância desta escolha, bem como sua complexidade (PORTO et al, 2009).

4.5. AÇÕES ANTRÓPICAS NO MEIO RURAL

Algumas ações antrópicas tencionadas ao imediatismo, em obter máxima rentabilidade com a propriedade em um curto período, podem ser consideradas irracionais, configurando comportamento intrínseco ao sistema socioeconômico, como por exemplo, o desmatamento, substituição da cobertura vegetal, ocupação de áreas de inundação, dentre outros (RIGUETTO, 2009).

A perda de vegetação nas proximidades da bacia de drenagem causa deslizamentos e erosão do solo, propiciando deposição acelerada de sedimentos no leito do curso d'água e conseqüentemente reduzindo sua capacidade hidráulica. Para evitar essa situação indica-se fazer a gestão da bacia hidrográfica e manejo florestal adequado (OMM, 2006).

O manejo florestal adequado está previsto no Novo Código Florestal (Lei N° 12.651), destacando-se a Seção I, Artigo 4°, onde estão previstas as faixas de preservação permanente em zonas rurais e urbanas (BRASIL, 2012).

Quando há interceptação vegetal presente no solo, principalmente em bacias rurais, esta amortece e reduz a velocidade de escoamento fazendo com que parte da água infiltre (SILVEIRA, 2009).

5. PERMEABILIDADE DO SOLO

O escoamento superficial é definido como o fluxo sobre a superfície do solo e pelos seus múltiplos canais (SILVEIRA, 2009). A água que incide sobre um solo pode infiltrar-se ou escoar superficialmente. Quando há sua infiltração, a água é armazenada por percolação até atingir o lençol freático e assim contribuindo para o escoamento subterrâneo. O que não é suprido pela capacidade de infiltrar escoar pela superfície do solo e é um dos responsáveis pela erosão, originando os cursos de água (AMARO FILHO, 2008, p.208).

A permeabilidade do próprio solo influencia diretamente nas enchentes. Caputo (1988) define permeabilidade como a capacidade de um determinado solo em permitir a passagem de fluido através de seus vazios, de acordo com seu índice de vazios, este pode ser mais ou menos permeável.

O movimento da água em solo saturado por meio dos vazios se dá pela gravidade e, quando o solo ainda não atingiu seu grau de saturação a água permeia conduzida principalmente pela capilaridade. O tamanho e quantidade de poros podem variar de acordo com o tipo de solo (BERTONI, 2012).

5.1. OCUPAÇÃO DO SOLO

Para Tucci (2012), a demanda de serviços definida em planejamento urbano ocorre de acordo com a forma que se dá a urbanização, uso e ocupação do solo referindo-se às áreas impermeáveis, de conservação ou demais infraestruturas que se utilizam de recursos hídricos.

A urbanização sustentável tem como premissa causar o menor impacto ambiental possível, frente a isso a atual forma de intervir no processo de urbanização tem como base a relação do meio ambiente com as águas pluviais. A ocupação tradicional, não se preocupa em considerar como o solo, águas e plantas poderiam contribuir com a minimização de efeitos causados pela implantação de superfícies impermeáveis (TUCCI, 2005).

Ainda segundo Tucci (2005), na natureza a água que não infiltra segue através do relevo por caminhos naturais, a água que infiltra recarrega o lençol freático, escoar pelo subsolo e chega até os rios, quando o solo é modificado e a drenagem natural extinta a água passa a escoar pelo sistema artificial e este tem como características acelerar o escoamento, crescer a vazão, e ainda carga de poluentes conduzidas pela água pluvial no meio urbanizado.

Para que a ocupação do solo seja menos nociva para o meio ambiente pode-se estabelecer algumas premissas, segundo Teixeira (2014), estas visam a proteção dos recursos hídricos:

- Proteger ecossistemas naturais;
- Preservar águas de abastecimento;
- Preservar mananciais subterrâneos;
- Privilegiar a capacidade de escoamento superficial.

O último tópico da listagem acima pode ser tido como o mais importante de todos, uma vez que, quando valorizamos o relevo natural de uma determinada localidade, estamos otimizando a implantação do sistema de drenagem de águas pluviais (TEIXEIRA, 2014).

Sabendo que a ocupação do solo causa impacto na drenagem natural pode-se propor a drenagem urbana de duas formas: o ciclo natural beneficia-se do ciclo artificial ou o ciclo artificial compromete o ciclo natural, sendo a segunda forma maior precursora de possibilidades de riscos ambientais (TEIXEIRA, 2014).

Os riscos de enchentes ou desmoronamentos devem ser condições restritivas da expansão urbana, podendo ter as áreas de risco mapeadas. Quando se faz um mapeamento deste tipo, permite-se delimitar áreas adequadas ou não para uso do solo (BATISTELLA, 2009).

5.2. PLANO DIRETOR

Após a constituição de 1988 e o Estatuto da Cidade, o Plano Diretor deixou de ser uma simples recomendação, e passou a desempenhar um papel fundamental como instrumento básico de política de desenvolvimento e expansão urbana. Ele regulamenta o uso do solo, tem efetiva função social sobre a propriedade e é

instrumento que mostra como a recuperação social e a valorização da terra devem ser feitas (BUENO E CYMBALISTA, 2009).

Cada município possui seu Plano Diretor que regulamenta o uso do solo conforme as legislações ambientais, mas este raramente aborda a drenagem urbana (TUCCI, 2001).

A figura 7, abaixo, expõe o conjunto de informações necessárias para se elaborar o Plano de Drenagem Urbana.

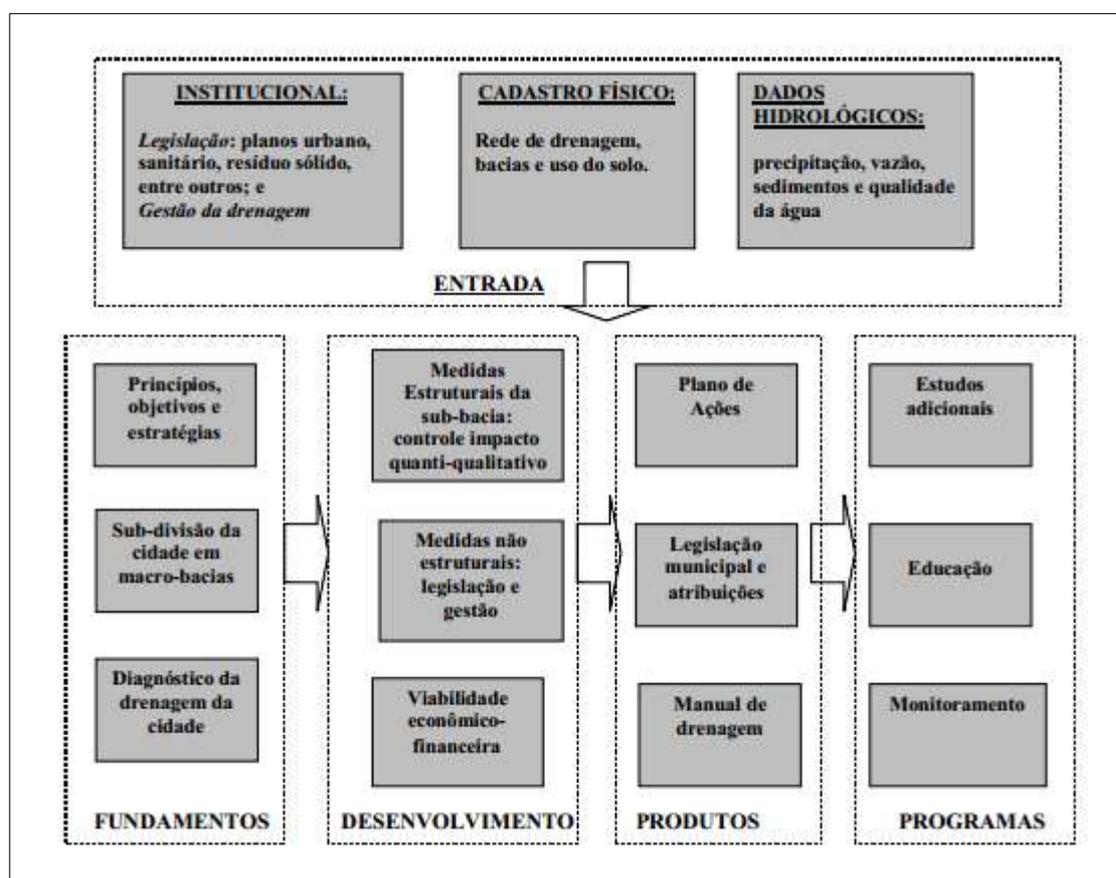


Figura 7: Estrutura do plano diretor de drenagem urbana
 FONTE: TUCCI, 2001.

Existem ainda alguns princípios imprescindíveis para a ideal elaboração do programa de drenagem coerente (TUCCI, 2001).

- Por fazer parte da infraestrutura, a drenagem urbana deve ser planejada em conjunto com os demais sistemas (plano de controle ambiental, esgotamento sanitário, tráfego e disposição de resíduos sólidos);

- A ocupação da bacia não deve de modo algum ampliar a cheia natural dos rios;
- Não transferir impactos de quaisquer que sejam as dimensões para jusante, caso isso ocorra soluções que visem amenizar estes impactos devem ser previstas.
- O impacto ambiental causado pelo escoamento superficial deve ser minimizado por meio de antevisão do Plano;
- As áreas de expansão urbana, bem como o adensamento das áreas loteadas já existentes devem ser consideradas na elaboração do Plano;
- A bacia hidrográfica deverá ser analisada por inteiro e não isoladamente em trechos, para possibilitar o controle de enchentes.
- Sempre que possível o escoamento natural da bacia dele ser mantido.
- Planejar drenagem urbana, esgotamento sanitário e gestão de resíduos sólidos em conjunto.
- O Plano Diretor Urbano, as legislações Municipal e Estadual, bem como e o Manual de drenagem devem servir como ferramenta o controle de enchentes, estabelecimento de linhas principais, controle e orientação são as funções de cada um deles respectivamente.
- O controle das enchentes é um processo permanente, orienta-se então que, quando determinada área de risco for desapropriada é imprescindível que o poder público rapidamente ocupe esta área para evitar possíveis invasões, e ainda é preciso que a população desempenhe seu papel no planejamento, execução e cumprimento das ações a serem desenvolvidas em prol do controle das enchentes.
- Os administradores públicos, profissionais e a população devem ser fundamentalmente instruídos para que na tomada de decisões públicas atuem em conjunto e de maneira consciente.
- Os gastos com a implantação do sistema de drenagem, bem como sua operação e manutenção devem ser repassados aos proprietários dos lotes de modo proporcional, ou seja, quanto maior a área impermeabilizada pelo empreendimento maior o valor a ser pago.
- Em conjunto os princípios elencados acima buscam solucionar prioritariamente o escoamento urbano na fonte.

Por fim, o Plano Diretor de Drenagem Urbana traz como meta a elaboração de ferramentas que possam evitar perdas econômicas, beneficiar a saúde pública e o meio ambiente urbano. (TUCCI, 2001).

5.3. PERMEABILIDADE X ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Outro fator que influencia na permeabilidade é a velocidade com que a água infiltra, e isso depende das alterações da superfície do solo. Nesse sentido, o fator mais importante a ser levado em conta é o estado da cobertura vegetal do solo no momento da chuva. Caso não haja proteção vegetal, as gotas de chuva comprimem a camada superficial e conseqüentemente reduzem a capacidade de infiltração. Quando há interceptação vegetal há proteção direta contra esses impactos, dispersando, interceptando e evaporando a água antes que ela atinja o solo e, além disso, a decomposição de matéria orgânica melhora a porosidade do solo e logo a capacidade de retenção de água (BERTONI, 2012).

De acordo com o tipo de ocupação pode-se ter um solo mais ou menos permeável. Países em desenvolvimento como o Brasil passaram por alterações significativas na superfície e no uso do solo rural, produzido pelo desenvolvimento econômico e expansão das fronteiras agrícolas (TUCCI e CLARCKE, 1997).

5.4. PERMEABILIDADE X CICLO HIDROLÓGICO

Silveira (2009) define ciclo hidrológico como: “fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e a rotação terrestre”.

Quando o homem age sobre o ciclo hidrológico natural ou ocupa o solo, este ciclo tende a sofrer alterações que afetam o homem e o meio ambiente por meio de conseqüências prejudiciais, sendo a escassez da água uma destas (TUCCI, 2005).

A alteração da cobertura do solo, que é uma das características da urbanização, possui grande parcela no impacto causado nos elementos que compõe

o ciclo hidrológico natural, quando a cobertura da bacia hidrográfica é tomada por pavimentos impermeáveis e sistemas de drenagem artificiais, outras mudanças no ciclo ocorrem (TUCCI, 1997).

- Diminuição da infiltração no solo;
- Aumento do escoamento superficial e das vazões máximas;
- Redução do nível do lençol freático devido sua falta de recarga, causada principalmente pela urbanização em grandes proporções;
- Redução da evapotranspiração, uma vez que a cobertura vegetal fora substituída pela artificial.

A figura 8 expõe efeitos sobre o hidrograma e nos níveis de inundação causadas pela urbanização em associada às mudanças no uso do solo. Pode-se observar na parte (a) da figura 8, o balanço hídrico no solo em estado natural e após modificações antrópicas, onde se mostra que, com o processo de urbanização praticamente elimina-se a interceptação vegetal, bem como o processo de evapotranspiração. Além disso, como há aumento de superfícies impermeáveis, a quantidade de água que escoam superficialmente aumenta consideravelmente e, conseqüentemente reduz-se o escoamento subterrâneo. Já na parte (b) demonstra-se a forma como se dá a vazão em função do tempo, caracterizando o escoamento antes e depois da urbanização.

Como resposta geométrica ao escoamento (c) há aumento do limite sujeito a inundação e diminuição do nível mínimo no verão. A proporção que esses valores de alteram converge de acordo com as características climáticas, tipo de solo, cobertura, geologia e pluviosidade (TUCCI, 1997).

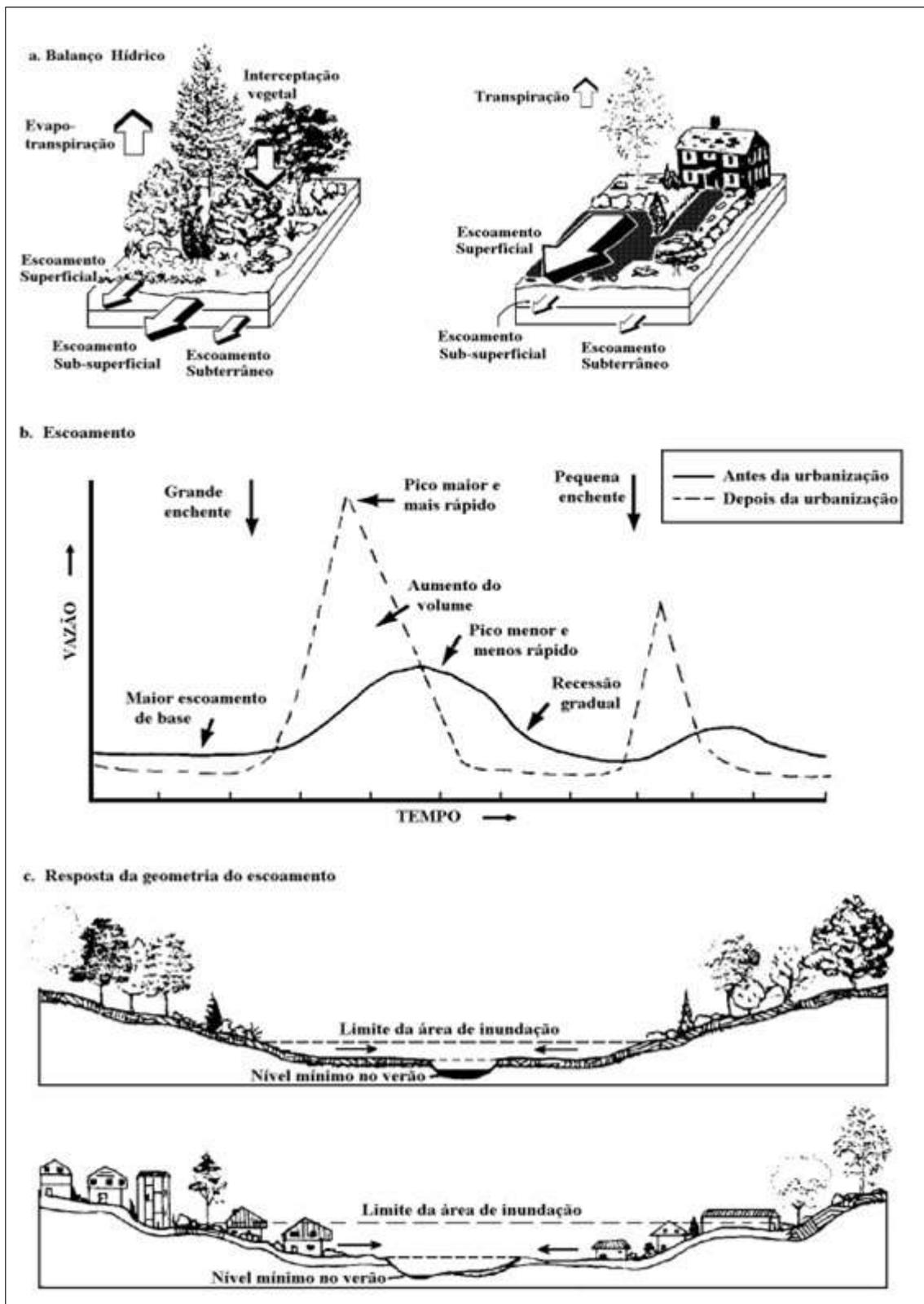


Figura 8: Características das alterações de uma área rural para urbana
 FONTE: SCHUELER apud TUCCI, 1997.

6. CONTROLE DA QUALIDADE DAS ÁGUAS PLUVIAIS

Quase todas as atividades humanas causam algum tipo de poluição das águas, estas atividades podem ser domésticas, comerciais ou ainda industriais (PEREIRA, 2004, p.23).

Segundo Tucci (2008), a urbanização tem acarretado contaminação cíclica nas águas, sendo esta produzida pela população em forma de esgotos sanitários, industriais, e ainda esgotos pluviais. As causas deste feito são:

- Lançamento de esgotos sanitários nos sistemas hídricos, e como consequência a contaminação destes;
- Elevada carga poluidora (matéria orgânica e metal) conduzida no esgoto pluvial até os cursos d'água em períodos chuvosos;
- Contaminação das águas subterrâneas, através de lançamento de dejetos domiciliares e industriais, por meio de vazamento de esgotos sanitários e pluviais, fossas sépticas, e outros;
- Disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos - constante fonte de contaminação das águas superficiais e subterrâneas;
- Urbanização desordenada sobre sistemas hídricos.

Sendo assim, a qualidade da água em locais de captação tende a ficar comprometida, ou aumentar a demanda de tratamento químico para que possa ser fornecida à população. Frete a isso, se intervenções de controle na contaminação cíclica não ocorrerem, a água de abastecimento no Brasil tende a ser prejudicada (TUCCI, 2008).

O ciclo de contaminação da água urbana (figura 9), é resultado do acréscimo do volume de esgoto sem tratamento para a mesma capacidade de diluição, um dos alvos do ciclo de contaminação é a saúde pública, pois a população passa a ser contaminada pela concentração de esgotos gerados no meio urbano (TUCCI, 2002).

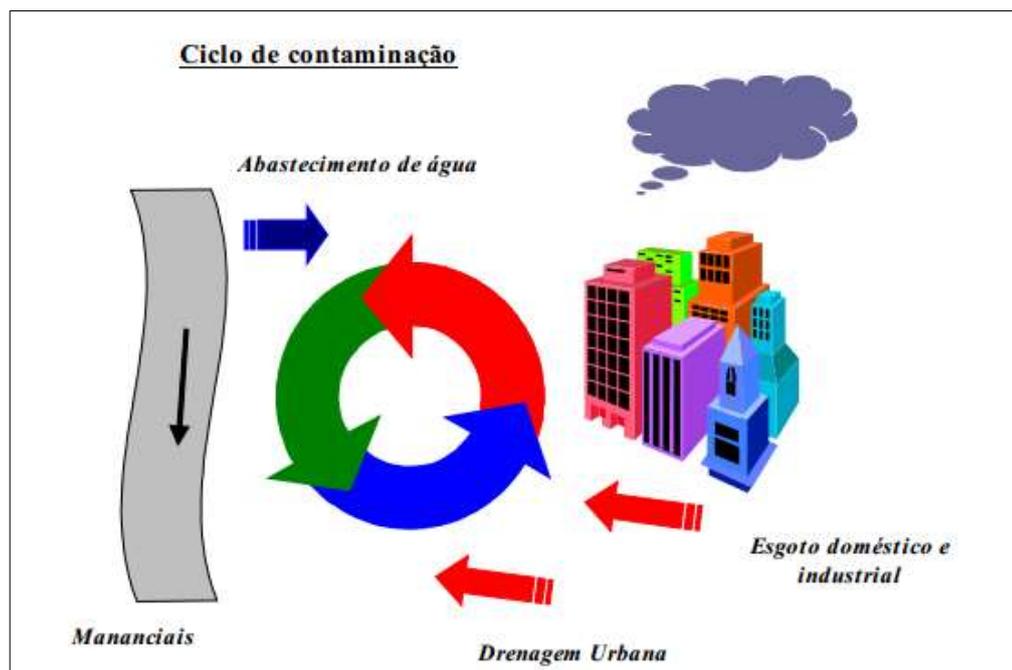


Figura 9: Ciclo da água no ambiente urbano ou ciclo de contaminação da água urbana devido a falta de tratamento de esgoto e controle do esgoto pluvial na realidade brasileira. FONTE: TUCCI, 2002.

A qualidade da água do efluente de um tratamento secundário é superior a qualidade da água pluvial. Com este comparativo se pode ter uma ideia dos níveis que atingem esta qualidade (TUCCI, 2005).

Segundo Tucci (2005), A água das chuvas promove uma lavagem no ambiente urbano, e esta água contaminada carrega consigo os mais diversos tipos de poluentes, como principais podemos citar: sedimentos, nutrientes, substâncias consumidoras de metais pesados, hidrocarbonetos de petróleo, bactérias e vírus patogênicos.

Muitos são os fatores que acercam a qualidade da água oriunda de rede pluvial, dentre eles estão: limpeza urbana e sua constância, precipitação (intensidade, distribuição temporal, espacial e época do ano), e finalmente o tipo de utilização da área urbana. Vale ressaltar ainda que o volume de matéria orgânica e metais pesados são indicadores relevantes da qualidade da água pluvial (TUCCI, 2008).

A carência de sustentabilidade no desenvolvimento das cidades segundo Tucci (2012) resulta em problemas como extinção de mananciais, minora dos volumes de água propicia para consumo, maior da constância de inundações, danos à qualidade da água dos rios e perda da qualidade de vida dos habitantes.

7. METODOLOGIA

7.1. DELINEAMENTO DA PESQUISA

De acordo com Gil (2002), pesquisas explicativas têm como principal objetivo identificar os fatores que influenciam a ocorrência de fenômenos, bem como explicar o porquê das coisas. Já pesquisas descritivas se propõe a descrever as peculiaridades de fenômenos, e assumem a forma de levantamentos. Por fim, pesquisas exploratórias são aquelas que visam explicitar problemas e construir hipóteses e usualmente se apresentam em forma de pesquisa bibliográfica ou estudo de caso.

Sendo assim essa pesquisa possui características que permitem o seu enquadramento em duas classificações descritas acima, tratando-se de uma pesquisa descritiva e exploratória.

A pesquisa não se classifica como explicativa, pois não serão explicados cientificamente os fenômenos, no entanto há a construção de uma hipótese visando diagnosticar as possíveis causas das enchentes rurais ocorridas na bacia hidrográfica em estudo e descrevendo as circunstâncias que podem explicar esta hipótese.

Segundo Fachin (2001), uma pesquisa pode ser classificada quanto a categoria em quantitativa e qualitativa.

A pesquisa quantitativa associa números às propriedades, objetos, acontecimentos ou materiais com a finalidade de correlacionar os dados ou proporção numérica de forma que estes fornecerem informações úteis à pesquisa. Já a pesquisa qualitativa é caracterizada pelos seus atributos, relacionando aspectos não somente mensuráveis, mas também definidos descritivamente (FACHIN, 2001). Tendo em vista que foram feitos levantamentos em campo, análise de dados pré-existentes, mapeamento fotográfico, delimitação da área de estudo, construção de cenários e correlação destes com a problemática das enchentes, a presente pesquisa classifica-se em quantitativa-qualitativa, abordando um estudo de caso.

Para uma maior exemplificação das etapas realizadas neste trabalho, a figura 10 apresenta um fluxograma que demonstra o caminho percorrido para obtenção dos objetivos propostos.

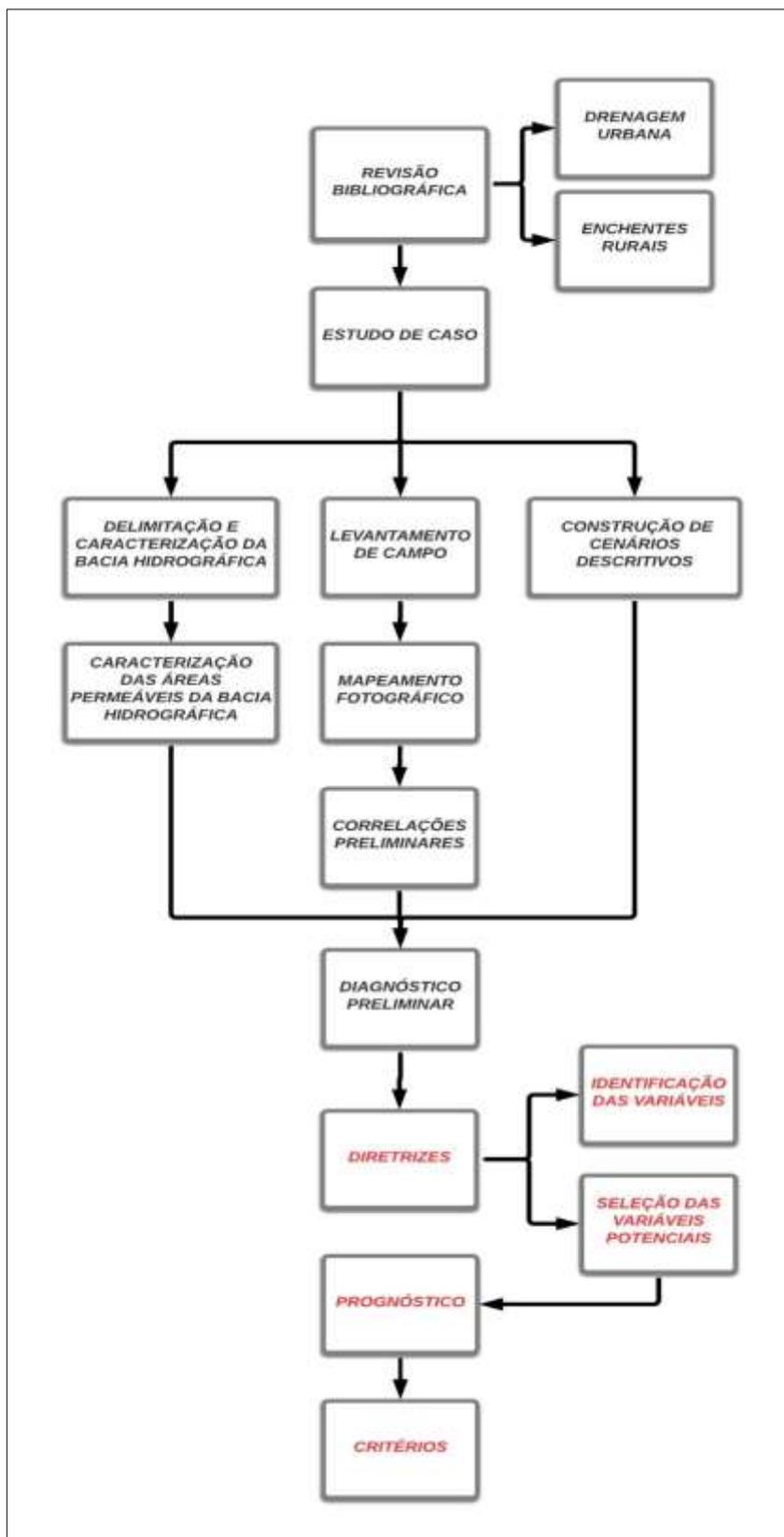


Figura 10: Fluxograma de Pesquisa

Conforme apresentado no fluxograma se deu início ao trabalho com o referencial teórico, onde foram abordados os temas drenagem urbana e enchentes rurais, para que assim fosse possível desenvolver o estudo de caso. Em seguida realizou-se o levantamento de informações necessárias para se atingir os objetivos propostos (itens 1.1.1 e 1.1.2), porém há o entendimento de que a pesquisa deve estende-se a construção de variáveis, e posterior obtenção de diretrizes que levem a um prognóstico e, finalmente, à seleção de critérios. No entanto, para o presente trabalho a pesquisa restringiu-se a um diagnóstico preliminar.

8. ESTUDO DE CASO

8.1. LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FAXININHA

A bacia hidrográfica do Rio Faxininha situa-se inteiramente no município de São Jorge D'Oeste, conforme mostra a figura 11, percorrendo também a área urbana. O município localiza-se na mesorregião Sudoeste do Paraná, no Terceiro Planalto, a uma distância de 450 km da capital Curitiba, possui uma extensão territorial de 379,545 km² e uma população de 9.085 habitantes (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JORGE D'OESTE, 2015; IBGE, 2010).

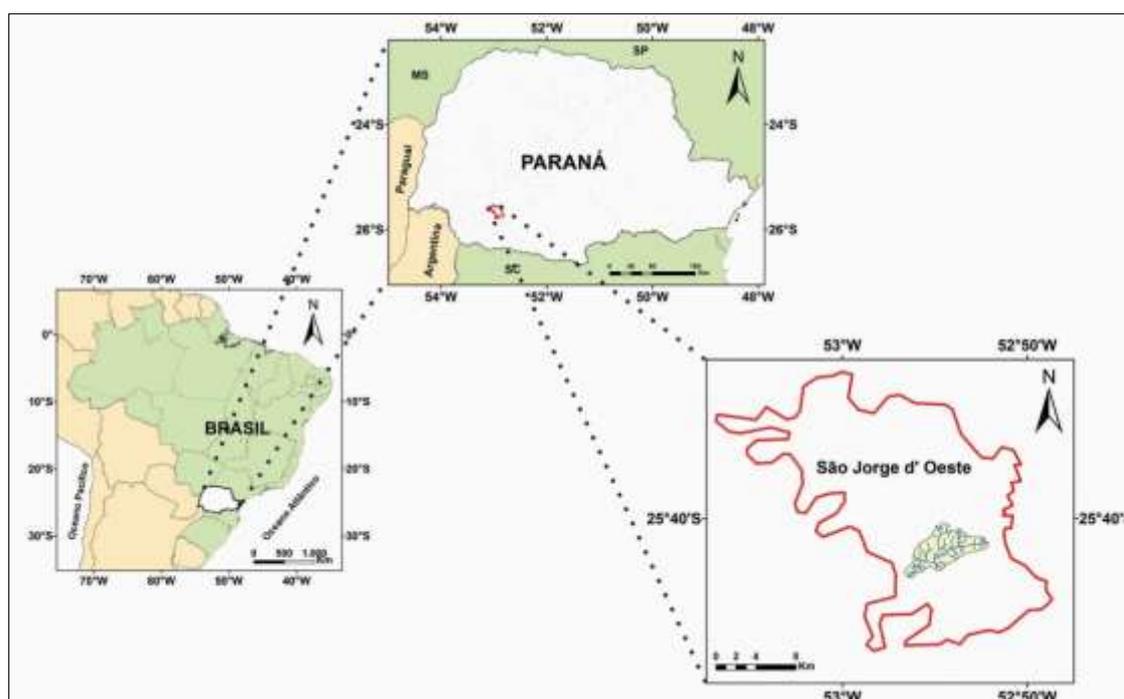


Figura 11: Localização bacia hidrográfica do Rio Faxininha
FONTE: Autores, 2015 modificado de BATISTELLA, 2009.

8.2. INDICAÇÃO DAS PRECIPITAÇÕES MÉDIAS ANUAIS

Segundo a carta climática da precipitação média anual no Estado do Paraná (figura 12), do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR, 2015), verifica-se precipitação média sobre a bacia hidrográfica em estudo de 1800 a 2000 mm/ano.

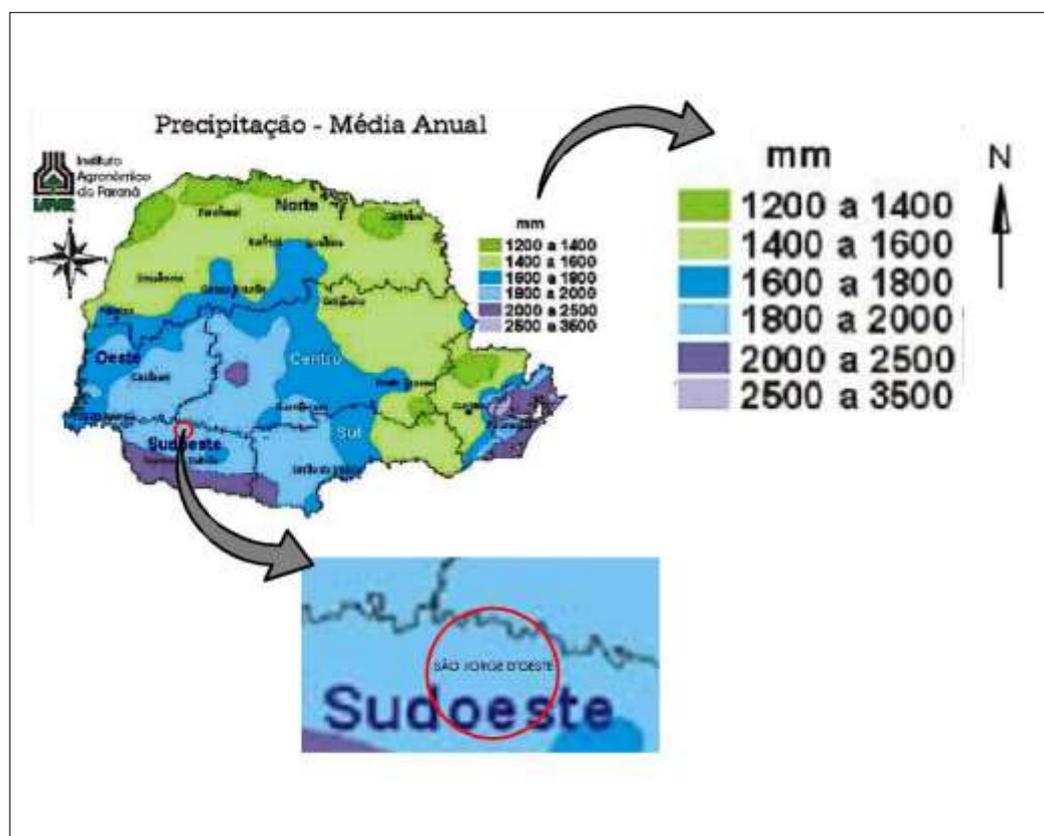


Figura 12: Precipitação anual média
FONTE: Adaptado de IAPAR, 2015.

Para o estudo das bacias hidrográficas utilizou-se cartas topográficas disponibilizadas pela Diretoria do Exército Geográfico, nomeadas Vila Ouro Verde e São Jorge D'Oeste, folhas SG-22-V-C-VI-1-SE e SG-22-V-C-VI-1-SO, respectivamente, ambas na escala 1:25.000.

Para efetuar o georreferenciamento e vetorização das cartas utilizou-se o software AutoCad Map 3D 2015. Com auxílio deste mesmo software foi possível delimitar a bacia do Rio Faxininha, tendo como o relevo seu divisor topográfico.

Para realizar a análise de uso do solo da bacia hidrográfica em estudo utilizou-se imagens de Satélite LANDSAT 8, datada de 5 de dezembro do ano de 2014, bandas 1, 2 e 3 com resolução de trinta metros e banda 8 com resolução de quinze metros. No software ArcGIS, fez-se a fusão das bandas 1, 2 e 3 com a Banda 8, de modo a melhorar a resolução para quinze metros.

Os dados manuseados em ambos os softwares apresentam-se em coordenadas do sistema Universal Transversa de Mercator (UTM).

Para obter-se o mapa de uso do solo fora necessário classificar as informações da imagem pelo processo de vetorização. Dessa forma fez-se a vetorização das áreas urbanas e de vegetação e, em seguida, fez-se um recorte obtendo as áreas de cultivo agrícola da bacia. Dessa forma também foi possível mapear as áreas de superfície terrestre que atendem as categorias de interesse.

8.3. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA EM ESTUDO

Para o estudo de uma bacia hidrográfica se faz necessário quantificar suas características morfométricas (sua forma) e seus processos hidrológicos (JABUR, 2010).

8.3.1. Área e perímetro

A área de uma bacia hidrográfica refere-se, conforme Jabur (2013), a um mapa ou planta baixa da mesma. Para determinação da área da bacia em estudo, figura 10, fez-se uso do software AutoCAD, através do método das coordenadas.

Da mesma forma como se obteve a área da bacia do Rio Faxininha, pode-se determinar seu perímetro que se trata da linha de contorno da bacia.

8.3.2. Coeficiente de Compacidade

O coeficiente de compacidade relaciona o perímetro P da bacia com a circunferência de um círculo igual a área A da bacia, de raio r , conforme a equação 1 (CRISTOFOLETTI, 1980 apud JABUR, 2013).

$$Kc = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (\text{Equação 1})$$

A bacia pode ser classificada em circular (Kc igual a 1) ou alongada (Kc maior que 1) e ainda, conforme Cristofolletti (1980) apud Jabur (2013), pode estar mais ou menos suscetível a enchentes de acordo com seu coeficiente de compacidade – tabela 2.

Tabela 2: Coeficiente de compacidade e sua relação com a ocorrência de enchentes	
Kc	Situação
1,00 à 1,25	Elevada tendência à ocorrência de grandes enchentes
1,25 à 1,50	Tendência mediana à ocorrência de grandes enchentes
>1,50	Menor tendência à ocorrência de grandes enchentes

FONTE: Adaptado de Jabur (2013).

8.3.3. Fator de forma

O fator de forma (Kf) relaciona a forma da bacia com a de um retângulo correspondendo à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia, conforme a equação 2 (CRISTOFOLETTI, 1980 apud JABUR, 2013).

$$Kf = \frac{A}{L^2} \quad (\text{Equação 2})$$

Se,

$Kf = 1$, a bacia é classificada como circular;

$Kf < 1$, a bacia é classificada como alongada.

Da mesma forma que o coeficiente de compacidade, o fator de forma também admite mais ou menos suscetibilidade a enchentes de acordo com o valor apresentado, como lista na tabela 3.

Tabela 3: Fator de forma e sua relação com a ocorrência de enchentes

Kf	Situação
1,00 à 0,75	Tendência à ocorrência de enchentes
0,75 à 0,50	Tendência mediana à ocorrência de enchentes
<0,50	Menor tendência à ocorrência de enchentes

FONTE: Adaptado de Jabur, 2013.

8.3.4. Ordem dos rios

A ordem dos rios ou dos cursos d'água é uma medida da ramificação dentro de uma bacia. Pelo método de Strahler, um curso d'água de primeira ordem é um tributário sem ramificações, um curso de segunda ordem é um tributário formado por dois ou mais cursos de primeira ordem, genericamente, um curso de ordem (n) é formado por dois ou mais cursos de (n-1) (TUCCI, 1997; ANDREOLLI, 2003 apud JABUR, 2010).

A figura 14 ilustra um exemplo de ordenação de rede de drenagem pelo método de Strahler, o qual se mostra de ordem 4.

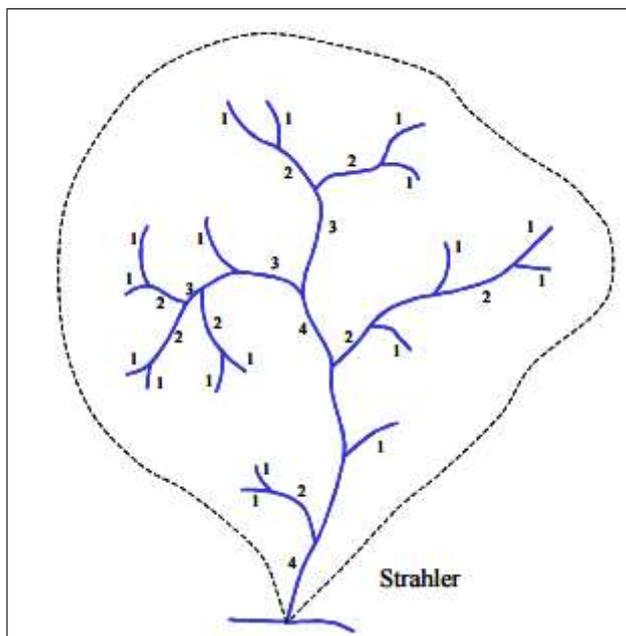


Figura 13: Ordenação da rede de drenagem pelo método de Strahler
 FONTE: RENNÓ; SOARES, 2012.

8.3.5. Densidade de drenagem

Corresponde ao comprimento médio dos canais de uma bacia hidrográfica. É calculada pela equação 3, descrita abaixo.

$$Dd = \frac{LT}{A} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde,

LT: comprimento total do curso d'água

A: área da bacia

Tabela 4: Densidade de drenagem	
Dd (km/km ²)	Situação
0,50	Bacia mal drenada
3,50	Bacia bem drenada

FONTE: Adaptado de Jabur, (2013).

8.4. MAPEAMENTO FOTOGRÁFICO

Consiste em fotografar pontos onde existam características que possam contribuir para a análise e entendimento da ocorrência de determinado evento.

Procedeu-se priorizando fotografar locais em período de estabilidade de chuvas onde houve registros da enchente no ano de 2014, para assim possibilitar um comparativo entre as duas datas. Porém, registraram-se também pontos onde existiam características a serem estudadas que possam estar contribuindo de alguma maneira para a ocorrência de eventos hidrológicos semelhantes ao ocorrido na bacia hidrográfica do Rio Faxininha recentemente.

9. RESULTADOS E DISCUSSÕES

9.1. DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FAXININHA

A bacia hidrográfica do rio Faxininha, ilustrada na figura 14, possui formato alongado, como pode ser verificado visualmente. O exutório encontra-se a aproximadamente 2 km de distância da área urbana.

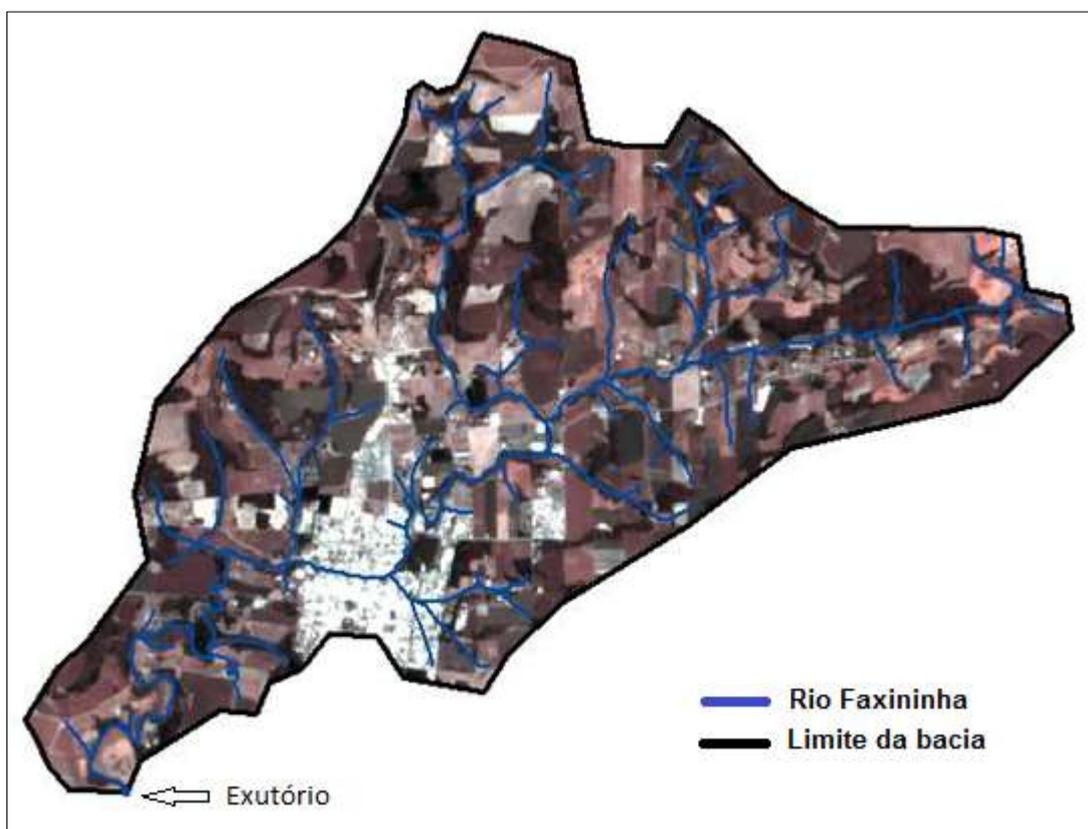


Figura 14: Bacia hidrográfica do Rio Faxininha
FONTE: Autores (2015).

9.2. MAPA DE USO DO SOLO

A partir das imagens obtidas do satélite Landsat pôde-se gerar o mapa de uso do solo pertinente à bacia do Rio Faxininha (figura 15). Para o estudo em questão optou-se por classificar o mapa em categorias que ilustram a área urbana, de vegetação e de cultivo agrícola.

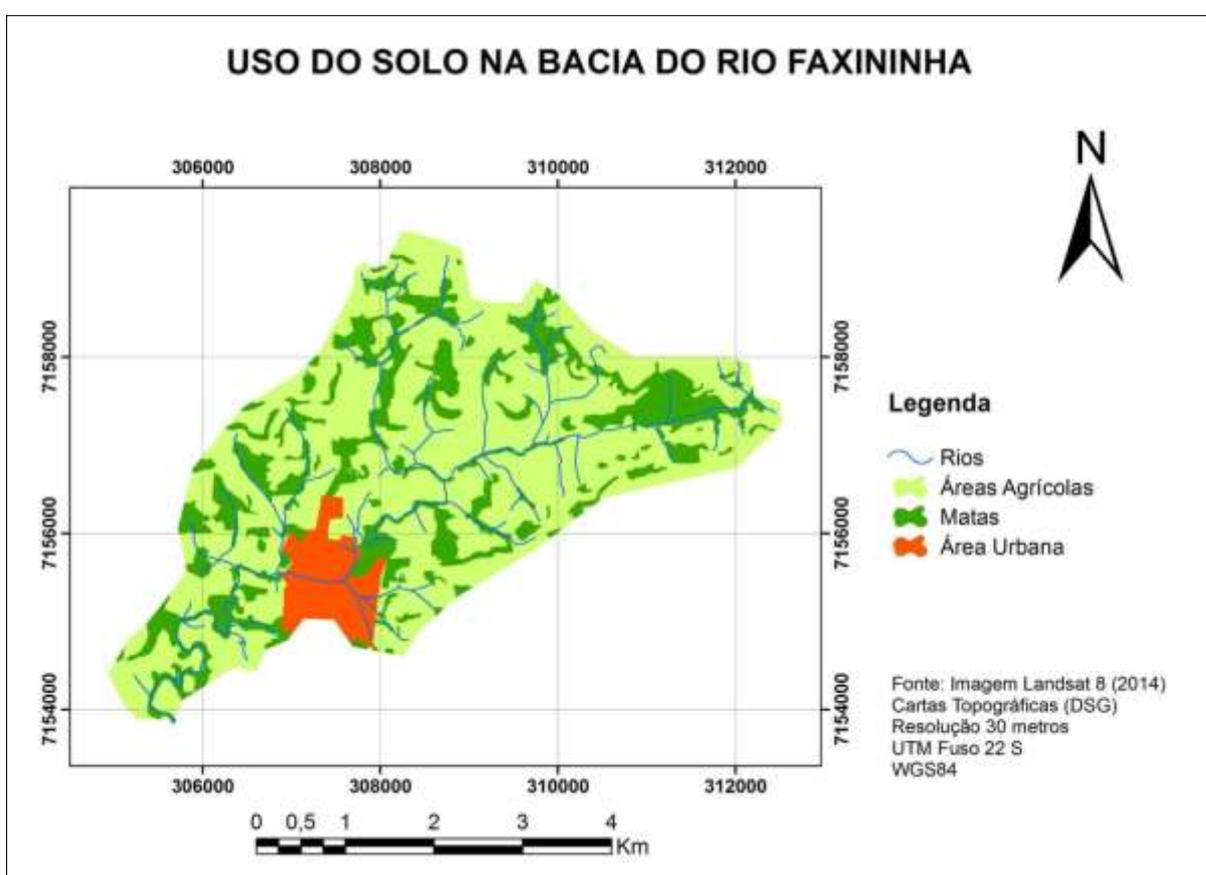


Figura 15: Mapa de uso do solo - bacia hidrográfica do Rio Faxininha
FONTE: Autores, (2015).

De acordo com o mapa de uso do solo pode-se constatar que a área de cultivo agrícola é preponderantemente superior às demais (tabela 5).

Tabela 5: Áreas conforme ocupação do solo

Referência	Área (ha)	(%)
Área Urbana	112,08	5,95
Matas	486,03	25,79
Áreas agrícolas	1286,24	68,26

FONTE: Autores, (2015).

A retirada da mata nativa para implantação de áreas de cultivo agrícola e de pecuária possivelmente são responsáveis por essa porcentagem, visto que a economia do município é proveniente, em sua maioria, desse setor.

9.3. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS

Utilizando-se a metodologia descrita no item 8.3 obtiveram-se os seguintes dados (tabela 6) para a bacia hidrográfica em estudo.

Tabela 6: Dados da bacia hidrográfica em estudo

Bacia Hidrográfica	Área (km ²)	Perímetro (km)	Cota a montante (m)	Cota a jusante (m)	Distância (1) (km)	Declividade (m/m)
Rio Faxininha	18,83	21,81	600	423	11,37	0,0156

FONTE: Autores, (2015).

Notas:

(1) Distância axial entre montante e jusante

A partir das equações (1) e (2) e da caracterização morfométrica, obteve-se um conjunto de informações sobre a bacia hidrográfica, que constam na tabela 7.

Tabela 7: Características morfométricas da bacia hidrográfica em estudo

Bacia Hidrográfica	Comprimento (talvegue) (km)	Coefficiente de forma (kf)	Coefficiente de compacidade (Kc)
Rio Faxininha	34,67	0,15	1,41

FONTE: Autores, (2015).

Tanto o coeficiente de forma (K_f), quanto o coeficiente de compactidade (K_c), classificam a bacia quanto ao seu formato (alongada e/ou circular). Baseando-se nas tabelas (2) e (3) de classificação, pode-se constatar que a bacia em estudo é alongada, logo, teoricamente, não é propícia a enchentes.

Esta verificação baseia-se pelo fato de o comprimento axial da bacia ser maior, dessa forma o escoamento superficial é mais lento se comparado a bacias com formato circular.

No entanto a bacia hidrográfica já teve registros de duas enchentes, que provavelmente podem ter sido provocadas por outros fatores.

A densidade de drenagem encontrada para a bacia em estudo foi de 1,84, ou seja, não se trata de uma bacia bem drenada e nem mal drenada, então se pode dizer que é uma bacia medianamente drenada.

De acordo com a hierarquia de Strahler, citada anteriormente, a bacia possui ramificação de ordem 4, conforme ilustra a figura 16.

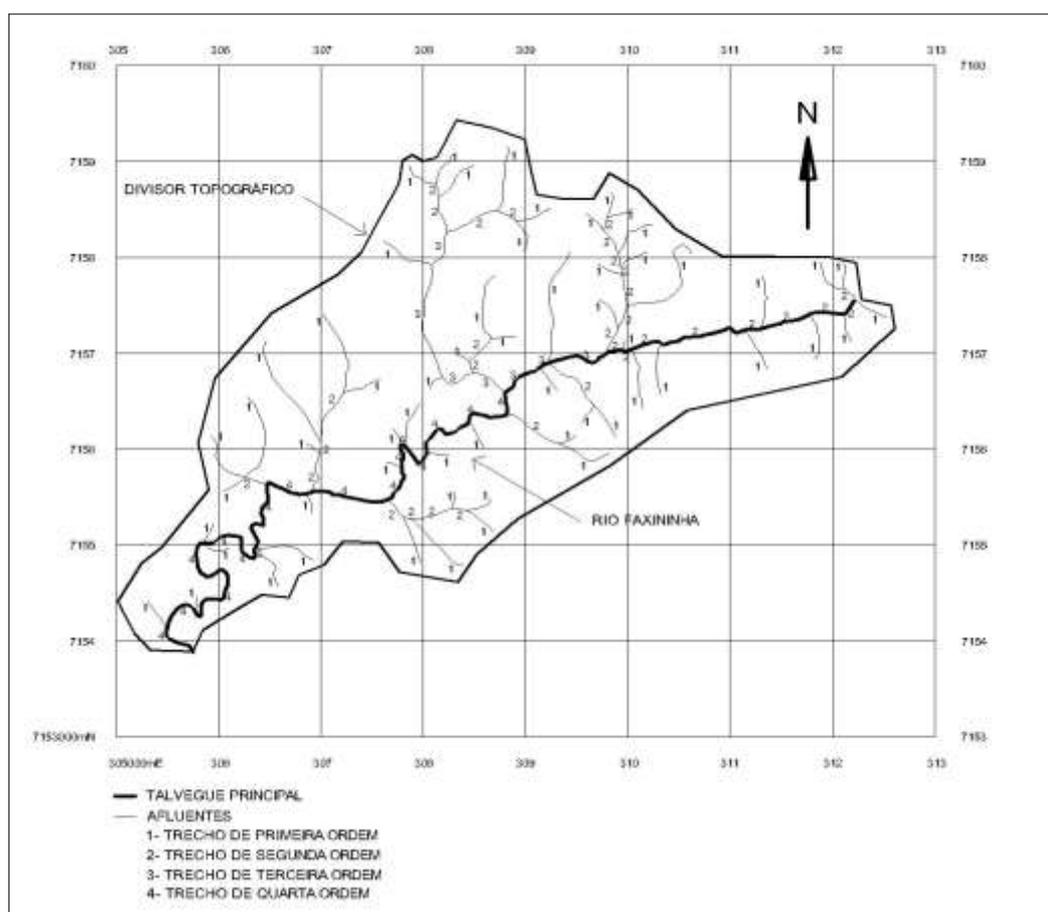


Figura 16: Ordem dos rios pela classificação de Strahler
Fonte: Autores (2015).

9.4. LEVANTAMENTO DE CAMPO E MAPEAMENTO FOTOGRÁFICO

Com a bacia hidrográfica delimitada foi possível identificar os pontos de maior relevância para visita e observação em campo, dessa forma pôde-se também avaliar a real situação do curso d'água em sua passagem pela área urbana e em seu exutório.

O trabalho de campo associado ao mapeamento fotográfico possibilitou avaliar as características do Rio Faxininha relacionadas à sua preservação, tais como, a existência de mata ciliar, possível poluição do corpo hídrico (depósito de lixo, esgoto sanitário, entre outros), se há ocorrência de assoreamento, presença de habitações no leito do rio e, de maneira geral, o que a ação antrópica pode estar ocasionando à bacia hidrográfica.

O levantamento de campo possibilitou a comparação de determinados locais, em período de estabilidade de chuvas (data das visitas) com a data de ocorrência das enchentes no ano de 2014, o que destacou a gravidade do evento.

Pela figura 17 é possível verificar a situação dos pontos registrados pelo levantamento de campo.

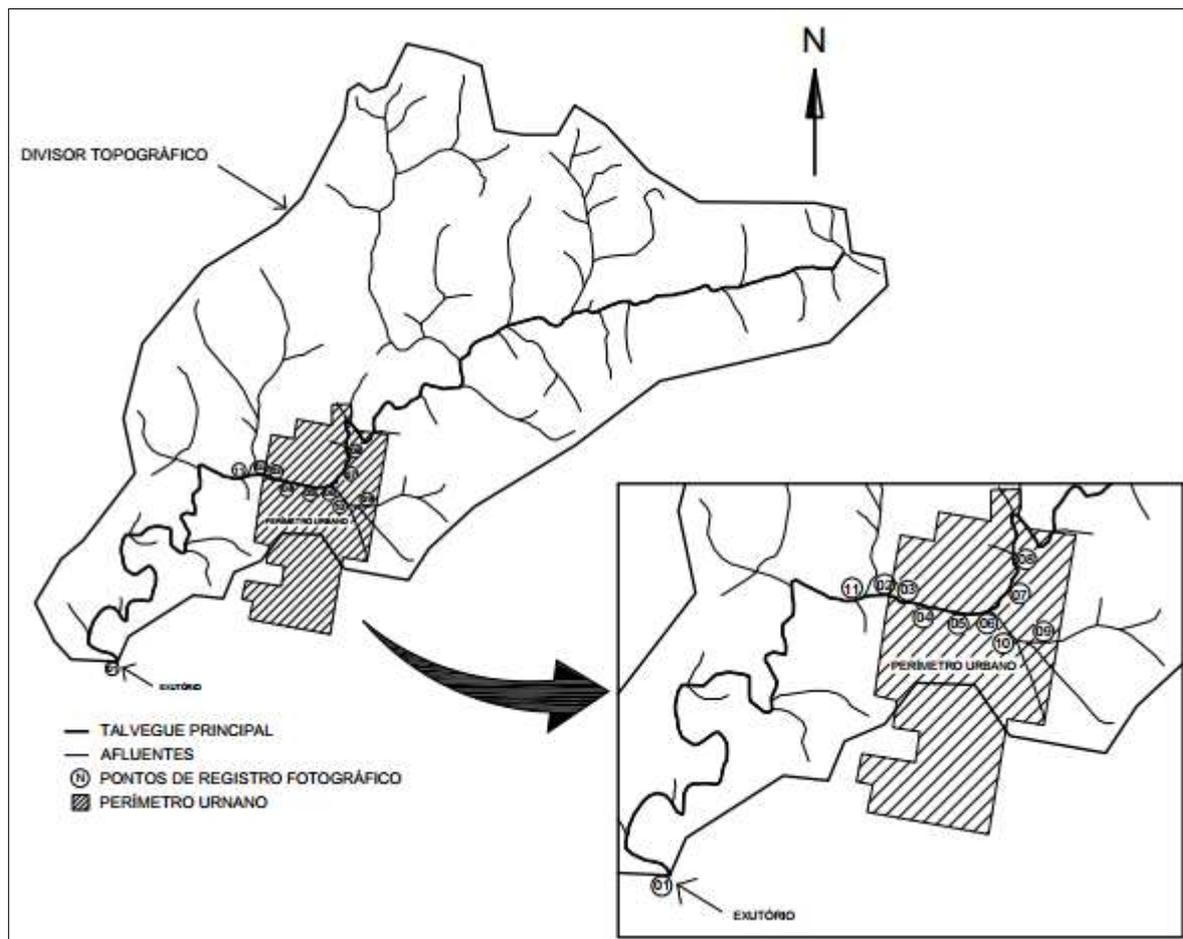


Figura 17: Situação dos pontos do mapeamento fotográfico
Fonte: Autores, 2015.

Pode-se observar a localização dos referentes pontos na figura 18, que ilustra também a localização do Rio Faxininha no mapa da cidade.



Figura 18: Percurso Urbano do Rio Faxininha
 FONTE: Autores (2015).

Como parte integrante do tratamento metodológico adotado, optou-se por percorrer o eixo principal do rio, iniciando em seu exutório e partindo em direção à área urbana, e ainda uma ramificação existente aos fundos de alguns lotes situados na principal rua da cidade.

9.5. CONSTRUÇÃO DOS CENÁRIOS DESCRITIVOS

Para cada ponto do mapeamento fotográfico existe pelo menos uma imagem associada, bem como uma descrição do cenário que foi observado no local e diagnose parcial do que pode estar ocorrendo na bacia em estudo, correlacionado às enchentes urbanas e rurais.

A figura 19 representa o ponto 01 do mapeamento fotográfico, onde o Rio Faxininha deságua no Rio Faxina, em área rural.



Figura 19: Cenário descritivo 01 - Ponto 01
FONTE: Autores (2015).

Tabela 8: Cenário descritivo 01 - Exutório

Observação local	Presença de resíduos sólidos presos na vegetação ciliar
	Baixa densidade/ausência de mata ciliar
	Avanço da pecuária sobre o leito do rio
Diagnose parcial	Erosão das margens do rio (assoreamento)
	Redução da profundidade da lâmina d'água
	Transbordamento das laterais

FONTE: Autores, levantamento local dia 07 de março (2015).

O ponto 02, ilustrado pela figura 20, se situa no limite da área urbana com a área rural, Rua Fiorindo Contini cruzamento com a Rua das Américas e corresponde à data da enchente de 2014.

**Figura 20: Cenário descritivo 02 - Ponto 02**

FONTE: Prefeitura Municipal (2014).

Tabela 9: Cenário descritivo 02 - Limite da área urbana com a área rural

Observação local	Transbordamento do Rio Faxininha
	Intervenção de equipamentos para desobstrução da passagem da água
	Baixa densidade/ausência de mata ciliar
Diagnose parcial	Avanço da água sobre as residências situadas às margens do rio
	Danos materiais e sociais
	Interferência na mobilidade urbana

FONTE: Autores, levantamento de arquivos fotográficos da Prefeitura Municipal (2015).

A figura 21, ponto (02), mostra o estado atual da figura anterior.



Figura 21: Cenário descritivo 03 - Ponto 02
FONTE: Autores (2015).

Tabela 10: Cenário descritivo 03 (ponto 02) - Limite da área urbana com a área rural

Observação local	Depósito impróprio de resíduos sólidos (construção civil)
	Avanço dos lotes urbanos sobre as margens do rio
	Baixa densidade/ausência de mata ciliar
	Partes da galeria pluvial destruída
	Obstrução da via pública
Diagnose parcial	Crescimento de vegetação na passagem da via pública
	Poluição ambiental pelo depósito impróprio de resíduos
	Interferência na mobilidade urbana
	Prejuízos à infraestrutura urbana
	Assoreamento devido ao desmoronamento das margens do rio
Falta de segurança referente à sinalização do local obstruído	
População residente as margens do rio sujeita ao risco de enchentes	
FONTE: Autores, levantamento local 03 de abril (2015).	

Na figura 22, registrada no dia da enchente, ilustra o transbordamento do rio sobre a travessia da Rua Mato Grosso.



Figura 22: Cenário descritivo 04 - Ponto 03
FONTE: Prefeitura Municipal (2014).

Tabela 11: Cenário descritivo 04 (ponto 03) - Ponto de alagamento na Rua Mato Grosso	
Observação local	Transbordamento do rio
	Baixa densidade/ausência de mata ciliar
	Obstrução da via pública
Diagnose parcial	Poluição ambiental pelo transporte de lixo pela água
	Interferência na mobilidade urbana
	Danos materiais
FONTE: Autores, levantamento de arquivos fotográficos da Prefeitura Municipal (2015).	

A figura 23, ponto 03, mostra a situação atual da rua da imagem anterior (figura 22).



**Figura 23: Cenário descritivo 05 -Ponto 03
FONTE: Autores (2015).**

Tabela 12: Cenário descritivo 05 (ponto 03) – Rua Mato Grosso

Observação local	Destruição de partes do pavimento asfáltico
	Avanço dos lotes urbanos sobre as margens do rio
	Baixa densidade/ausência de mata ciliar
	Acúmulo de sedimentos nas proximidades da galeria pluvial
Diagnose parcial	Poluição ambiental pelo transporte de lixo pela água
	Interferência na mobilidade urbana
	Prejuízos à infraestrutura urbana
	Danos materiais

FONTE: Autores, levantamento local 03 de abril (2015).

Situadas na Avenida Coronel Henrique Rupp, a figura 24 mostra um comparativo da situação na data da enchente (a) com período de estabilidade de chuvas (b).



Figura 24: Cenário descritivo 06 – Ponto 04
FONTE: Prefeitura Municipal (2014); Autores (2015).

Tabela 13: Cenário descritivo 06 (ponto 04) – Avenida Coronel Henrique Rupp	
Observação local	(a) e (b) Avanço de edificações sobre as margens do rio
	(a) e (b) Baixa densidade/ausência de mata ciliar
	(a) Transbordamento do rio
	(a) Acúmulo de sedimentos no guarda-corpo do passeio
	(a) Obstrução da rua pelo avanço da água
	(b) Assoreamento
	(b) Resíduos sólidos às margens do rio
Diagnose parcial	Poluição ambiental pelo transporte de lixo pela água
	Interferência na mobilidade urbana
	Danos materiais
	Vulnerabilidade à danos patrimoniais/humanos
	Edificações ribeirinhas sujeitas à novas ocorrências de enchentes
FONTE: Autores, levantamento de arquivos fotográficos da Prefeitura Municipal e levantamento local 03 de abril (2015).	

A figura 25, localizada na Rua Francisco Debortoli, ilustra a mesma situação que a figura anterior, porém constatou-se que a edificação às margens do rio foi construída há pouco tempo, enquanto que a da imagem anterior é antiga.



Figura 25: Cenário descritivo 07– Ponto 05
FONTE: Prefeitura Municipal (2014); Autores (2015).

Tabela 14: Cenário descritivo 07 (ponto 05) – Rua Francisco Debortoli

Observação local	(a) e (b) Avanço de edificações sobre as margens do rio
	(a) e (b) Baixa densidade/ausência de mata ciliar
	(a) Transbordamento do rio
	(a) Obstrução da rua pelo avanço da água
Diagnose parcial	Poluição ambiental pelo transporte de lixo
	Vulnerabilidade à danos patrimoniais/humanos
	Edificações ribeirinhas sujeitas à novas ocorrências de enchentes

FONTE: Autores, levantamento de arquivos fotográficos da Prefeitura Municipal e levantamento local em 03 de abril (2015).

O ponto 06 está localizado no cruzamento da Rua Joaçaba com a Rua das Américas, onde há o encontro de uma ramificação do Rio Faxinha com o eixo principal do mesmo (figura 26).



Figura 26: Cenário descritivo 08 – Ponto 06
FONTE: Prefeitura Municipal (2014).

Tabela 15: Cenário descritivo 08 (ponto 06) – Rua Joaçaba

Observação local	Destruição de partes do pavimento asfáltico
	Baixa densidade/ausência de mata ciliar
	Acúmulo de entulho às margens do rio
	Transbordamento do rio
	Obstrução da rua pelo avanço da água
	Rompimento da galeria
	Deslizamento parcial de lote urbano
Diagnose parcial	Poluição ambiental pelo transporte de sedimentos
	Vulnerabilidade à danos patrimoniais/humanos
	Prejuízos à infraestrutura urbana

FONTE: Autores, levantamento de arquivos fotográficos da Prefeitura Municipal (2015).

Fez-se visita neste mesmo ponto 06, porém em período de estabilidade de chuvas, como se observa na figura 27.



Figura 27: Cenário descritivo 09 - Ponto 06
FONTE: Autores (2015).

Tabela 16: Cenário descritivo 09 (ponto 06) – Rua Joaçaba

Observação local	Destruição de partes do pavimento asfáltico
	Avanço dos lotes urbanos sobre as margens do rio
	Baixa densidade/ausência de mata ciliar
	Acúmulo de sedimentos nas proximidades da galeria pluvial
	Esgoto clandestino
Diagnose parcial	Poluição ambiental pelo transporte de lixo pela água
	Interferência na mobilidade urbana
	Prejuízos à infraestrutura urbana
	Condição insalubre a população
	Possível influência na questão de saúde pública
FONTE: Autores, levantamento local em 03 de abril (2015).	

Ao realizar-se o levantamento fotográfico percebeu-se que em vários pontos há incidência de esgoto despejado diretamente no rio, figura 28, localizada na Rua Campos Novos, proximidade com o Bosque Municipal.



Figura 28: Cenário descritivo 10 – Ponto 07
FONTE: Autores (2015).

Tabela 17: Cenário descritivo 10 (ponto 07) – Rua Campos Novos

Observação local	Avanço dos lotes urbanos sobre as margens do rio
	Baixa densidade/ausência de mata ciliar
	Esgoto clandestino
Diagnose parcial	Poluição do corpo hídrico
	Condição insalubre a população
	Possível influência na questão de saúde pública

FONTE: Autores, levantamento local em 03 de abril (2015).

Constatou-se ainda alagamento na Rua Norberto Jelonschek, proximidades do Bosque Municipal, logo no início da passagem do rio pela área urbana (figura 29). Neste local encontra-se uma das primeiras galerias existentes no curso do Rio Faxininha.



Figura 29: Cenário descritivo 11- Ponto 08
FONTE: Prefeitura Municipal (2014); Autores (2015).

Tabela 18: Cenário descritivo 11 (ponto 08) – Rua Norberto Jelonschek

Observação local	(a) e (b) Avanço das edificações sobre o leito do rio (a) Obstrução da via pública na data da enchente
Diagnose parcial	Poluição ambiental pelo transporte de resíduos pela água Edificações ribeirinhas sujeitas à novas ocorrências de enchentes Condição insalubre a população local Possível influência na questão de saúde pública

FONTE: Autores, levantamento de arquivos fotográficos da Prefeitura Municipal e levantamento local em 03 de abril (2015).

Uma das ramificações do Rio Faxininha, que percorre a área central da cidade, Rua Rio de Janeiro, foi responsável por vários pontos de alagamento. Nas travessias de ruas essa ramificação é canalizada através de tubos de concreto e dependendo das intensidades de precipitação não suportam o volume de água ao qual são submetidos (figura 30).



Figura 30: Cenário descritivo 12 – Ponto 09
FONTE: Prefeitura Municipal (2014); Autores (2015).

Tabela 19: Cenário descritivo 12 (ponto 09) – Rua Rio de Janeiro	
	(a) e (b) Avanço das edificações sobre o leito do rio
Observação local	(a) Transporte de sedimentos pela água (a) Obstrução da via pública na data da enchente (b) Deterioração do pavimento asfáltico
Diagnose parcial	Poluição ambiental pelo transporte de sedimentos pela água Deterioração da via pública Condição insalubre a população local Possível influência na questão de saúde pública
FONTE: Autores, levantamento de arquivos fotográficos da Prefeitura Municipal e levantamento local em 03 de abril (2015).	

Ainda na ramificação que passa por dentro de lotes urbanos pode-se constatar assoreamento constante ao longo do córrego. Outro agravante é o depósito de lixo, tanto nas margens quanto no corpo hídrico – figura 31.



Figura 31: Cenário descritivo 13 - Ponto 10
FONTE: Autores (2015).

Tabela 20: Cenário descritivo 13 (ponto 10) – Ramificação do Rio Faxinha passando por lotes

Observação local	Avanço dos lotes urbanos sobre as margens do rio
	Baixa densidade/ausência de mata ciliar
	Depósito de resíduos às margens do córrego
Diagnose parcial	Edificações ribeirinhas sujeitas à novas ocorrências de enchentes
	Poluição do corpo hídrico
	Condição insalubre a população
	Possível influência na questão de saúde pública

FONTE: Autores, levantamento local em 03 de abril (2015).

Por fim, a figura 32 mostra um ponto de alagamento na área rural do Município, logo após a passagem do rio pela área urbana.



Figura 32: Cenário descritivo 14 - Ponto 11
FONTE: Prefeitura Municipal (2014).

Tabela 21: Cenário descritivo 14 (ponto 11) – Alagamento em área rural

Observação local	Baixa densidade/ausência de mata ciliar
	Transbordamento do rio
	Obstrução da rua pelo avanço da água
Diagnose parcial	Poluição ambiental pelo transporte de sedimentos advindos da área urbana
	Mobilidade rural prejudicada
	Dificuldade/impedimento de escoar e receber produtos (leite, frango, gado, suplemento animal, grãos, entre outros)

FONTE: Autores, levantamento de arquivos fotográficos da Prefeitura Municipal (2015).

Ainda, muitas pontes do município foram parcialmente ou completamente destruídas. Nestes casos a mobilidade rural ficou ainda mais comprometida, pois para recuperação destas estruturas o tempo estimado era maior do que nos casos em que foi preciso apenas esperar o nível da água baixar.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos objetivos deste trabalho e baseando-se nos resultados obtidos foi possível identificar alguns fatores que possam estar contribuindo para a ocorrência de enchentes no Município de São Jorge D'Oeste e, além disso, verificaram-se algumas questões relevantes a serem discutidas.

Ao se estudar as características morfométricas da bacia pode-se verificar que, de acordo com o coeficiente de compacidade (K_c), a bacia do Rio Faxininha não possui tendência a ocorrência de enchentes, pois classifica-se como alongada. Neste caso, o tempo de concentração é maior e a tendência de ocorrer picos de enchentes é menor.

De acordo com o fator de forma (K_f) da bacia em estudo constatou-se que esta possui menor tendência à enchentes, pois quanto mais alongada for uma bacia hidrográfica, menor será o valor do seu fator de forma (K_f) e menor a tendência de ocorrerem picos de enchentes, visto que o tempo de concentração (T_c) é maior.

Com a carta topográfica do município em estudo pôde-se identificar a bacia hidrográfica e sua delimitação. Posteriormente, com as imagens de satélite gerou-se um mapa de uso do solo, considerando área urbana, áreas de vegetação e de cultivo agrícola. Sendo assim pode-se observar que a maior parte das ramificações da bacia encontra-se em área rural, anteriormente à área urbana, sendo que o talvegue principal passa por dentro da cidade e depois volta a passar pela área rural até chegar ao seu exutório.

De acordo com as informações repassadas pela Prefeitura Municipal de São Jorge D'Oeste, não há registros do dimensionamento das redes de drenagem de água pluvial, bem como os elementos que a compõem, fortalecendo a ideia de que o sistema implantado atualmente na cidade está em desacordo com os princípios que estabelecem o correto dimensionamento. Sendo assim identifica-se um sistema dinâmico unitário funcionando precariamente.

No mapeamento fotográfico foi possível constatar diversos problemas que possuem relação direta com a ação antrópica. Em vários pontos verificou-se poluição ambiental proveniente do depósito impróprio de lixo, despejo de esgoto clandestino no corpo hídrico, ausência ou baixa densidade de mata ciliar, bem como ocupação urbana em áreas ribeirinhas.

Baseando-se nestas informações, pode-se apontar uma possível interferência da precária e comprometida drenagem urbana nas enchentes ocorridas em área rural, à jusante. Associa-se esta questão ao fato de a área rural à jusante da área urbana, estar localizada em distância próxima ao exutório do Rio Faxininha.

Respaldando-se na revisão bibliográfica realizada, podem-se relacionar questões descritas na revisão com muitas realidades constatadas ao se estudar a Bacia Hidrográfica do Rio Faxininha e ao se realizar o mapeamento fotográfico. A posterior construção dos cenários descritivos favorece a aceitação da hipótese levantada por este trabalho, instiga à continuidade desta particular investigação, e, encaminha possibilidades para futuras pesquisas.

Releva-se, pois, neste trabalho, não apenas a diagnose preliminar apresentada à hipótese levantada; mas também, a abordagem metodológica diferenciada, que associou em estudo de caso, as técnicas da correlação de dados permeada pela realização de levantamento fotográfico e, posterior construção de cenários descritivos.

Por último, e não em menor importância, destaca-se outro agravante constatado à presença de esgoto sanitário ligado diretamente ao leito do rio, o que leva o Município a uma situação de alerta sanitário, pois com a ocorrência de enchentes, a população fica sujeita a doenças associadas a esta prática ilegal causadora de condições insalubres.

Sendo assim, o diagnóstico preliminar desenvolvido nesta pesquisa oferece ao Município de São Jorge D'Oeste uma contribuição para a compreensão de seus graves problemas socioambientais, uma vez que, estes são refletidos em questões como na preservação ambiental, saúde pública do município, infraestrutura urbana e rural e no bem-estar da população.

Por fim, deixa-se como sugestão para continuação do estudo no Município de São Jorge D'Oeste – PR a evolução das etapas descritas no fluxograma de pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA SENADO. **Enchentes no Paraná mobilizam senadores do Estado.** Atualizado em 6 setembro 2014. Disponível em: <<http://www12.senado.gov.br/noticias/materias/2014/06/16/enchentes-no-parana-mobilizam-senadores-do-estado>>. Acesso em: 06 out. 2014.

AMARO FILHO, Joaquim; ASSIS JÚNIOR, Raimundo Nonato; MOTA, Jaedson Cláudio Anunciato. **Física do Solo: Conceitos e Aplicações.** Fortaleza: Imprensa Universitária, 2008. 290 p.

BATISTELLA, Danielli. **O uso do Geoprocessamento no Estudo Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Faca – São Jorge D'Oeste, PR.** 2009. 182 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Geomática, Área de concentração Tecnologia da geoinformação da Universidade Federal de Santa Maria (UFMS). Santa Maria, RS. 2009. Disponível em: <http://cascavel.ufsm.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=3108>. Acesso em: 22 out. 2014.

BERTONI, José; LOMBARDI NETO, Francisco. **Conservação do solo.** 8. ed. São Paulo: ícone Editora, 2012. 355 p.

BRASIL. **O novo código florestal.** 2012. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/corredordasoncas/pt/o-projeto/o-novo-codigo-florestal.html>>. Acesso em: 22 out. 2014.

BUENO, Laura M. de M.; CYMBALISTA, Renato; **Planos Diretores Municipais: Novos Conceitos de Planejamento Territorial.** 1ª ed. São Paulo: Editora Annablume, 2009. p. 66 E 67.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações.** V. 1. 6 ED. RIO DE JANEIRO: LTC, 1988.

CENAD. **Anuário brasileiro de desastres naturais: 2012.** Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. Brasília, 2012. 84 p. Disponível em <http://www.defesacivil.mg.gov.br/conteudo/arquivos/AnuariodeDesastresNaturais_2013.pdf>. Acesso em: 12 out. 2014.

FACHIN, Odília. **Fundamentos de Metodologia.** 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2001.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA (Comp.). **DIRETRIZES BÁSICAS PARA PROJETOS DE DRENAGEM URBANA NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO.** São Paulo: São Paulo, 1999. Disponível em <http://www.fau.usp.br/docentes/deptecnologia/r_toledo/3textos/07drenag/dren_sp.pdf>. Acesso em: 15 out. 2014.

GIL, Antonio Carlos. **Metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2002.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). **Cartas climáticas do Paraná**. Disponível em <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=595>>. Acesso em: 15 mar. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: IBGE PAÍSES**. 2014. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/paisesat/>>. Acesso em: 03 nov. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Atlas de Saneamento 2011: Glossário**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/default_zip.shtm>. Acesso em: 06 nov. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **IBGE CIDADES, PARANÁ, SÃO JORGE D'OESTE. CENSO 2010**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 19 ago. 2014.

INSTITUTO DE INFRAESTRUTURAS RODOVIÁRIAS (InIR). **Norma de Traçado: Revisão**. Nov. 2010. Disponível em: <<http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/InfraestruturasRodoviaras/InovacaoNormalizacao/Divulgao%20Tcnica/RevisaoNormaDeTracado.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2014.

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS. **Plano Diretor de Drenagem Urbana: Manual de Drenagem Urbana**. Volume VI. Set. 2005. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu_doc/manual_de_drenagem_ultima_versao.pdf>. Acesso em: 19 out. 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP/MEC); CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA (CONFEA). **Trajetória e Estado da Arte da Formação em Engenharia, Arquitetura e Agronomia**. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/observatorioengenharia/files/2012/01/vol2.pdf>>. Acesso em: 27 mai. 2015.

JABUR, Andrea S.. Alterações **Hidrológicas Decorrentes de Mudança do Uso e Ocupação do Solo na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Ligeiro, Pato Branco – PR**. Tese (Doutorado) Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010. Disponível em <<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/5050>>. Acesso em: 02 set. 2014.

JABUR, Andrea. S.. Notas de Aula do curso de Engenharia Civil. Curso de graduação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Pato Branco, 2013.

MIOLA, Alessandro C.. **Planejamento para comunidades rurais em situações de enchentes**. 2013. Tese (Doutorado/ Centro de Ciências Rurais - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013. Disponível em <http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=5395>. Acesso em: 20 Ago. 2014.

NETO, Antonio C. **Sistemas Urbanos de Drenagem**. Agencia Nacional de Águas. 2008. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/AntonioCardosoNeto/Introducao_a_drenagem_urbana.pdf>. Acesso em: 02 out. 2014.

Organización Meteorológica Mundial (OMM). **Aspectos sociales y participación de los interesados en la gestión integrada de crecidas**. Programa Asociado de Gestión de Crecientes. Ginebra, Suiza, Ago. 2006. 84 p.

PARANÁ. Instituto das Águas do Paraná. **Manual de Drenagem Urbana**. Paraná, dez. 2002. 150 p.. Disponível em <>. Acesso em: 02 out. 2014.

PEREIRA, Régis S. Identificação e Caracterização das Fontes de Poluição em Sistemas Hídricos. In: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)**. Jul/Set 2004. p .20-236 v.1. n.1. Disponível em < <http://www.abrh.org.br/informacoes/rerh.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2014.

PINTO, N. L. Souza et al. **Hidrologia Básica**. São Paulo: Edgard Blucher, 1976. 204p.

POMPÊO, Cesar A.. Drenagem Urbana Sustentável. In: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)**. Jan/Mar 2000. p .15-23, v.5. n.1. Disponível em <https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/c6be0bdb36e71f441b574b6a63d5a75a_2d24ccc39dcc0666232d4d538fcef31f.pdf>. Acesso em: 5 set. 2014.

PORTO, Rubem L.; KAMUEL, Zahed F.; TUCCI, Carlos E. M.; BIDONE, Francisco. Drenagem Urbana. In: TUCCI, Carlos E. M.; SILVEIRA, André L. L. da. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, ABRH, 2009.

PREFEITURA DE SÃO JORGE D'OESTE. Registros fotográficos da enchente do ano 2014. São Jorge D'Oeste, Paraná. 2014.

RENNÓ, Camilo Dalles; SOARES, João Viane. **CONCEITOS BÁSICOS DE MODELAGEM HIDROLÓGICA**. Florianópolis: Santa Catarina, 2012. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/cursos/tutoriais/modelagem/cap2_modelos_hidrologicos.pdf> . Acesso em: 07 maio 2015.

RIGUETTO, Antônio M.. **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. Programa de Pesquisa de Saneamento Básico (PROSAB). 2009.

SILVEIRA, André L. L.. **Drenagem Urbana: Aspectos de Gestão**. Curso preparado por: Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CNPq). 1ª ed. 2002.

SILVEIRA, André L. L.; LOUZADA, José A.; BELTRAME, Lawson. Infiltração e armazenamento no solo. In: TUCCI, Carlos E. M.; SILVEIRA, André L. L.. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, ABRH, 2009.

TEIXEIRA, Maria da P.. Notas de Aula do Curso de Engenharia Civil. Curso de Graduação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Pato Branco, 2014.

TEODORO, Valter I. L.; TEIXEIRA, Denilson; COSTA, Daniel J. L.; FULLER, Beatriz B.. **O Conceito da Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local**. Revista UNIARA, n. 20, 2007, p. 136-157. Disponível em: <http://www.uniara.com.br/revistauniara/pdf/20/RevUniara20_11.pdf>. Acesso em: 02 set. 2014.

TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosangela do. Desastres Naturais: conhecer para prevenir. 1º ed. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2009. 196 p. Disponível em: <http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/DesastresNaturais.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2011.

TUCCI, Carlos E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. In: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)**. Jan/Mar 2002. p .5-27, v.7. n.1. Disponível em <https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/6137a1ef8fc1c04f81a9a6b46a3093dd_c80b83451c8ed0911a8b63bc1f8850cd.pdf>. Acesso em: 10 out. 2014.

TUCCI, Carlos E. M.; CLARKE Robin T.. Impacto das Mudanças da Cobertura Vegetal no Escoamento: **Revisão**. In: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)**. Jan/Jun 1997. p .135-152, v.2. n.1. Disponível em < [http:// rhama.net/download/artigos/artigo22.pdf](http://rhama.net/download/artigos/artigo22.pdf)>. Acesso em: 5 out. 2014.

TUCCI, Carlos E. M.. Águas Urbanas. In: BERTONI, Juan Carlos & TUCCI, Carlos E. M..**Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. Disponível em <<http://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/5/23335/InBr02803.pdf>>. Acesso em: 5 set. 2014.

TUCCI, Carlos E. M.. **Gestão da Drenagem Urbana**. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012. (Textos para discussão CEPAL-IPEA, 48). 50p. Disponível em: <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/4/52114/CEPAL_48.pdf>. Acesso em: 27 out. 2014.

TUCCI, Carlos E. M.. Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepção. In: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)**. Jul/Dez 1997. p .5-12, v.2. n.2. Disponível em <<http://rhama.net/download/artigos/artigo2.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2014.

TUCCI, Carlos E. M.. **Águas Urbanas**. Estudos Avançados 22 (63), 2008. P97-112. Disponível em < <http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295/11943> >. Acesso em: 10 out. 2014.

TUCCI, Carlos E. M.. **Gestão das Inundações Urbanas**. Porto Alegre. Ministério das Cidades – Global Water Partnership - World Bank – Unesco 2005. 197 p. Disponível em <<http://www.semrah.se.gov.br/modules/wfdownloads/visit.php?cid=1&lid=175>>. Acesso em: 10 out. 2014.

TUCCI, Carlos E. M.; COLLISCHONN, W.. **Drenagem Urbana e Controle de Erosão**. In: VI Simpósio nacional de controle de erosão. 1998. Presidente Prudente, São Paulo. Disponível em < <http://www.rhama.net/download/artigos/artigo5.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2014.

TUCCI, Carlos E. M.; HESPANHOL, Ivanildo; NETTO, Oscar de M. Cordeiro. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: Unesco, 2001.

The World Bank (2013). **No Brasil e em outros países emergentes, a urbanização ainda é um desafio a vencer**. 28 jan. 2013. Disponível em: <<http://www.worldbank.org/pt/news/feature/2013/01/28/What-city-leaders-Brazil-Latin-America-need-to-know-as-countries-urbanize>>. Acesso em: 03 nov. 2014.

ZUFFO, A. C. TEIXEIRA, M. P. **Environmental and social liabilities and municipal urban drainage: reflections on multicriteria analysis**. 5th International Seminar on Environmental Planning and Management Urban Responses for Climate Change. Towards Urbenviron Congress Tampa 2013 Brasília, Brasil, 18 out. 2012.