



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil
Curso de Graduação em Engenharia Civil

VICTOR PEREIRA MARQUES

**ESTUDO DE MEDIDAS ESTRUTURAIS EM PLANOS
DIRETORES DE DRENAGEM URBANA**

Ouro Preto

2019

Estudos de medidas estruturais em planos diretores de drenagem urbana

Victor Pereira Marques

Monografia de conclusão de curso apresentada ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto, defendida como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro Civil.

Área de concentração: Recursos hídricos

Orientadora: Prof^a. D.Sc. Ana Letícia Pilz de Castro - UFOP

Ouro Preto

2019

M357e Marques, Victor.
Estudo de medidas estruturais em planos diretores de drenagem urbana
[manuscrito] / Victor Marques. - 2019.

xiv, 63f.: il.: color; grafs; tabs; mapas.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Leticia de Castro.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil.

1. Plano diretor. 2. Drenagem urbana. 3. Medidas estruturais. 4. Inundações.
I. Castro, Ana Leticia de. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Titulo.

CDU: 624

Catálogo: ficha.sisbin@ufop.edu.br

Estudo de medidas estruturais em planos diretores de drenagem urbana

Victor Pereira Marques

Monografia de conclusão de curso apresentada ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto, defendida e aprovada em 25 de Junho de 2019 como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro Civil.

BANCA EXAMINADORA:



Orientadora: Prof^a. D.Sc. Ana Leticia Pilz de Castro - UFOP



Membro: Prof^a. M.Sc. Maria Luiza Teófilo Gandini - UFOP



Membro: Prof. M.Sc. Mateus Oliveira Xavier - UFOP

Dedico este trabalho em sentimento a todas as famílias brasileiras que sofreram grandes prejuízos e danos imensuráveis decorrentes dos impactos gerados pelas inundações e enchentes urbanas, devido, ora a falta de instrução e informação da população, ora da má gestão pública das águas pluviais...

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais todo suporte, oportunidade fornecida e esforço durante minha trajetória acadêmica, que muito contribuíram para concretização deste trabalho.

À minha querida Bárbara, todo apoio e incentivo nos últimos anos da minha jornada de graduação, que mesmo longe me deu forças sempre a avançar.

À minha estimada orientadora Ana Letícia Pilz de Castro, as luzes e direcionamentos, sem os quais me encontrava perdido para término dessa importante etapa.

Aos amigos da Engenharia Civil, UFOP e Ouro Preto as parcerias e a troca de aprendizados ao longo da graduação.

À UFOP e à Escola de Minas o ensino gratuito e de qualidade e a todo corpo docente da Engenharia Civil.

Por último, mas não menos importante, aos companheiros da República Penitenciária, os melhores anos da minha vida e os momentos não tão bons vivenciados nessa marcante caminhada.

RESUMO

O acelerado e desgovernado crescimento populacional das cidades brasileiras nas últimas décadas se intensificaram radicalmente, formando grandes centros urbanos de alta densidade habitacional. Esse fenômeno carrega consigo um uso tanto quanto caótico da ocupação do solo. O uso indevido e sem fiscalização gera graves consequências para sociedade promovendo impactos como enchentes e inundações, ora pela elevada taxa de impermeabilização do solo, ora pela ocupação em áreas de risco ou próximas aos rios. Ademais, no Brasil, a gerência da drenagem urbana não é cuidada com a importância apropriada pelos gestores, visto a carência de um planejamento voltado para o ramo. Este trabalho busca realizar uma análise comparativa entre o Plano Diretor de Drenagem Urbana da cidade de Curitiba – PR (PDDrU-Curitiba), que representa uma cidade de grande porte, com o Plano de Drenagem de Juiz de Fora - MG – Zona Norte (PD/JF ZN), que representa uma cidade de médio porte. Para tanto, utilizou-se o *software* de análise de conteúdo dos dados contidos nos planos, NVivo12 versão Plus, como ferramenta adicional para a organização dos dados dos planos e posterior análise comparativa. Além do auxílio do programa, foi feita uma árdua busca com a leitura de vários planos a fim de encontrar dois compatíveis de comparação. O PDDrU de Curitiba foca em uma gestão de retenção, com medidas que visam não transmitir o problema a jusante. Porém, visto a inviabilidade de grandes obras de retenção nas bacias, busca resolver o impacto de forma mais sustentável e com modificações nas morfologias dos canais. No que tange as medidas estruturais, o PD/JF ZN destaca a adoção de bacias de retenção/retenção em quase a totalidade das propostas como forma de evitar inundações. Ainda há muito a ser desenvolvido nos planos estudados, e isso fica mais evidente no plano de Juiz de Fora. Os planos apresentam algumas medidas estruturais de drenagem sustentável que apesar de serem ideias recentes e estritamente implantadas no país, na atual conjuntura mundial, é o foco principal da gestão e manejo de água pluviais e ainda a sua integração com as medidas não estruturais.

Palavras-chave: Plano diretor, Drenagem urbana, Medidas estruturais, Inundações.

ABSTRACT

The accelerated and ungoverned population growth of Brazilian cities in the last decades has intensified radically, forming large urban centers of high-density housing. This phenomenon carries with it an use as much as chaotic of the occupation of the ground. The improper use and without supervision creates serious consequences for society by promoting impacts such as floods and water overflowing, or by the high rate of waterproofing of the soil, or by occupation in areas at risk or near rivers. In addition, in Brazil, the management of a department focused on the exercise, saw the lack of a government directed to the sector. This work seeks to perform a comparative analysis between the Urban Drainage Master Plan of the city of Curitiba - PR (PDDrU-Curitiba), which represents a large city, with the Juiz de Fora Drainage Plan - MG - Zona Norte (PD/JF ZN), which represents a medium-sized city. For this purpose, the data content analysis software contained in the plans, NVivo12 version Plus, was used as an additional tool for the organization of the data of the plans and subsequent comparative analysis. Besides the aid of the program, an arduous search was made with the reading of several plans in order to find two compatible ones of comparison. Besides the aid of the program, an arduous search was made with the reading of several plans in order to find two compatible ones of comparison. The PDDrU of Curitiba focuses on the management of detention, with measures that aim not to transmit the problem downstream. However, considering the unfeasibility of large detention works in the basins, it seeks to resolve the impact in a more sustainable way and with modifications in the channel morphologies. Regarding structural measures, the PD/JF ZN highlights the adoption of detention/retention basins in almost all proposals as a way to avoid flooding. There is still much to be done in the plans studied, and this is most evident in the Juiz de Fora plan. The plans present some structural measures of sustainable drainage which, although recent ideas and strictly implemented in the country, in the current global scenario, is the main focus of rainwater management and its integration with non-structural measures.

Keywords: Master plan, Urbain drainage, Structural measures, Water overflowing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Impactos nos escoamentos devido à urbanização. Quanto maior o tamanho da seta, maior o volume (SCHUELER, 1987).	4
Figura 2 – Perfil esquemático dos leitos do rio e de ocupações irregulares atingidas pelos processos de inundações	5
Figura 3 - Elevação do nível de um rio provocada pelas chuvas, do nível normal até a ocorrência de uma inundação (GOERL; KOBİYAMA, 2005).	6
Figura 4 – Distribuição dos desastres naturais entre 1900 e 2006 ocorridos no Brasil (adaptado de INPE, 2008).	8
Figura 5 – Canalização do córrego Estribo Ahú em Curitiba – PR (PPC, 2016).	16
Figura 6 – Retificação do Rio Paraibuna em Juiz de Fora – MG e ocupação das várzeas (CESAMA, s.d.).	17
Figura 7 – Reservatório de detenção seco em Tamanduateí – SP (CANHOLI, 2015).	18
Figura 8 – Reservatório de detenção fechado em Vitória – ES (G1, 2015).	19
Figura 9 - Reservatório de retenção - Parque do Ibirapuera em São Paulo (FILHO, MARTINS E PORTO, 2012).	20
Figura 10 – Vista aérea da cobertura verde de um edifício comercial em Portugal (COSTA, 2010).	22
Figura 11 – Pavimento permeável do tipo blocos vazado (Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo, 2012).	23
Figura 12 – Esquema de uma trincheira de infiltração (adaptado de SCHUELER, 1987).	24
Figura 13 – Esquema de poços de infiltração. (a) Revestido (adaptado de REIS et al., 2008); (b) não revestido (adaptado de SOUZA, 2002).	25

Figura 14 – Localização do município de Curitiba – PR (Guia Geográfico Curitiba, s.d.).....	28
Figura 15 – Rede hidrográfica e bacias de Curitiba (PPC).	29
Figura 16 – Localização territorial do município de Juiz de Fora (PMJF,).	32
Figura 17 – Área urbana e rio principal de Juiz de Fora (IBGE, 2016).	33
Figura 18 – Como organizar dados nos nós (ONEDA, 2018).	35
Figura 19 – Interface do programa NVivo12 Plus (AUTOR, 2019).	36
Figura 20 – Nuvem de palavras (AUTOR, 2019).	37
Figura 21 - Cobertura percentual dos itens codificados no nó Objetivos dos planos (<i>Software NVivo12</i> , adaptado pelo AUTOR, 2019).....	41
Figura 22 - Cobertura percentual dos itens codificados no nó Déficit de dados das redes de drenagem presente (<i>Software NVivo12</i> , adaptado pelo AUTOR, 2019).	43
Figura 23 - Cobertura percentual dos itens codificados no nó Intervenções e modificações em canais (<i>Software NVivo12</i> , adaptado pelo AUTOR, 2019).	46
Figura 24 – Cobertura percentual codificado no nó Bacia de detenção (<i>Software NVivo12</i> , adaptado pelo AUTOR, 2019).	49
Figura 25 - Cobertura percentual codificado no nó Drenagem urbana sustentável (<i>Software NVivo12</i> , adaptado pelo AUTOR, 2019).	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estratégias não estruturais para controle de enchentes e mitigação de problemas de saúde ambiental (adaptado de FAISAL et al., 1999).	13
Tabela 2 – Principais medidas estruturais (adaptado de SIMONS et al., 1977 apud TUCCI, 2007).	14
Tabela 3 – Conceito de canalização x conceito de reservação (CANHOLI, 2015).	15
Tabela 4 – Comparação entre municípios (AUTOR, 2019).	38

LISTA DE SIGLAS

ABRH	Associação Brasileira de Recursos Hídricos
ANA	Agência Nacional das Águas
AGEVAP	Agência da Bacia do Rio Paraíba do Sul
COBRADE	Classificação e Codificação Brasileira de Desastres
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPH	Instituto de Pesquisas Hidráulicas
IPPUC	Instituto de Pesquisa e Planejamento de Curitiba
PDDU	Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano
PDDrU	Plano Diretor de Drenagem Urbana
PD/JF ZN	Plano de Drenagem de Juiz de Fora – Zona Norte
PMJF	Prefeitura Municipal de Juiz de Fora
PMAP	Plano de Manejo de Águas Pluviais
PPC	Portal da Prefeitura de Curitiba
SUDS	<i>Sustainable Urban Drainage System</i>
SMMA	Secretaria Municipal do Meio Ambiente
SMOP	Secretaria Municipal de Obras Públicas
SUDERHSA	Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

SUMÁRIO

Agradecimentos	V
Resumo	VI
Abstract.....	VII
Lista de Figuras	VIII
Lista de Tabelas.....	X
Lista de Siglas.....	XI
Sumário	XII
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos.....	2
1.1.1 Objetivo Principal	2
1.1.2 Objetivos Específicos.....	2
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Escoamento Pluvial	3
2.1.1 Enchentes e Inundações.....	4
2.1.2 Alagamentos	7
2.2 Drenagem Urbana	8
2.2.1 Microdrenagem e Macrodrenagem	9
2.3 Plano Diretor de Drenagem Urbana	9
2.3.1 Medidas Não Estruturais	12
2.3.2 Medidas Estruturais	13
2.4 Medidas Estruturais Usualmente Praticadas no Brasil	16
	XII

2.4.1	Obras de canalização	16
2.4.2	Obras de retenção/retenção	17
2.5	Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável	20
2.5.1	Cobertura verde	21
2.5.2	Pavimento permeável	22
2.5.3	Trincheiras de infiltração	23
2.5.4	Poços de infiltração	25
3	DADOS E MÉTODOS	26
3.1	Planos Escolhidos para Comparação	27
3.2	Caracterização das áreas de estudo	27
3.2.1	Município de Curitiba, PR	27
3.2.2	Plano de Curitiba	30
3.2.3	Município de Juiz de Fora, MG	31
3.2.4	Plano de Juiz de Fora	33
3.3	Programa utilizado: NVivo12	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
4.1	Objetivos dos planos	39
4.2	Déficit de dados das redes de drenagem presente	41
4.3	Medidas estruturais	43
4.3.1	Intervenções e modificações em canais	44
4.3.2	Bacia de retenção	47
4.4	Drenagem urbana sustentável	49
5	CONCLUSÃO	53

5.1 Sugestões para Trabalhos Futuros.....	55
REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

A urbanização é um fenômeno que começou a engrandecer no Brasil desde o século passado. Esse crescimento habitacional nos centros das cidades brasileiras aconteceu de forma muito rápida e de maneira desgovernada. A formação de altas concentrações de população chamou atenção ao se deparar com problemas climáticos e desastres naturais como grandes enchentes, inundações e deslizamentos de terra. Esses desastres advêm das alterações do ciclo hidrológico. Quando o homem entra dentro deste sistema e se concentra no espaço, gera grandes modificações que alteram drasticamente este ciclo e trazem impactos significativos, muitas vezes irreversíveis, para o próprio homem e para a natureza (TUCCI, 2003).

Embora esse crescimento demográfico tenha gerado pontos positivos para os municípios no aspecto financeiro, como aumento de arrecadação tributária devido às habitações, a falta de fiscalização e planejamento urbano de gestão das águas pluviais vinculadas às bacias hidrográficas em que as cidades estão inseridas, foram gravemente negligenciadas. Gerando, então, justamente o oposto como grandes gastos em recuperação e indenizações de áreas atingidas pelas inundações.

Segundo estudo inédito do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018) sobre a população em Área de Risco no Brasil, mais de 8 milhões de pessoas viviam em áreas com risco potencial de enchentes e deslizamentos de terra, no ano de 2010, em 872 municípios no país.

As consequências da urbanização que mais diretamente interferem na drenagem urbana são as alterações do escoamento superficial direto (TUCCI, 1993). O uso e ocupação do solo de forma não planejada, contribui na sua impermeabilização aumentando os picos de vazão e o escoamento superficial evidentemente.

A inexistência de Planos Diretores de Drenagem Urbana (PDDrU), que procurem equacionar os problemas de drenagem sob o ponto de vista da bacia hidrográfica, a falta de mecanismos legais e administrativos eficientes, que permitam uma correta gestão das consequências do processo de urbanização sobre as enchentes urbanas

e a concepção inadequada da maioria dos projetos de drenagem urbana, contribuem para o agravamento do problema (PMSP, 1999).

Dessa forma, faz-se necessário e urgente um bom planejamento e gestão de drenagem urbana para as cidades. Mesmo com seus polos urbanos já desenvolvidos, há de se melhorar a forma de lidar com a problemática como inundações, de algum modo, no sistema de redes de macro e microdrenagem e saneamento.

A melhor forma de evitar problemas de natureza hidrológica, segundo Tucci et al. (1995), é elaborar um PDDrU para toda a bacia. Medidas estruturais e não estruturais, que visam à amenização desses problemas, são amplamente estudadas e buscam tornar um dos meios principais para gestão da drenagem em várias grandes cidades. Uma vez que elas sejam impostas e seguidas, muito pode ser melhorado em um grande centro urbano, de maneira significativa, no âmbito dos sistemas de drenagem urbana.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Principal

Este trabalho traz como objetivo principal a análise de planos diretores de drenagem urbana de duas cidades brasileiras em diferentes níveis de infraestrutura urbana, dimensão populacional e territorial.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Comparar o plano da cidade de Curitiba – PR (grande porte) com o plano da cidade de Juiz de Fora – MG (médio porte);
- Fazer um comparativo entre duas principais medidas estruturais propostas nos planos das duas cidades brasileiras;
- Identificar possível deficiência que os planos apresentam;
- Propor melhoria para os planos, após análise geral da comparação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Escoamento Pluvial

Toda água oriunda de precipitações e escoada é entendida como um escoamento, que pode ser pluvial, fluvial ou nival. Além disso, pode ser também enquadrado como natural – quando não se tem alterações antropológicas e seguem fluxos por vias já existentes como canais de rios e vegetações – ou ainda artificial, como exemplo, as canalizações edificadas e sistematizadas.

O escoamento pluvial pode ser diferenciado em superficial, subsuperficial ou subterrâneo. Villela e Mattos (1975) discriminam que o escoamento superficial seria aquele fluxo que acontece na superfície terrestre, no solo das bacias e em seus canais enquanto o subsuperficial representa o fluxo logo abaixo da superfície na altura das raízes. Já o subterrâneo é compreendido como o fluxo que ocorre nos aquíferos, onde o solo se encontra saturado.

Com o desenvolvimento urbano, houve grandes alterações do solo primitivo. O impacto resultante da alta impermeabilização de áreas metropolitanas devido à ocupação humana no espaço e seu uso com construções como telhados e coberturas, ruas, calçadas e pátios, é amplamente notado no ciclo hidrológico. A infiltração da água no solo é pouca diminuindo os escoamentos subsuperficial e subterrâneo e assim o escoamento pluvial superficial passa a ser o destaque nos centros urbanos, atingindo grandes velocidades e volumes. A Figura 1 ilustra tal efeito.

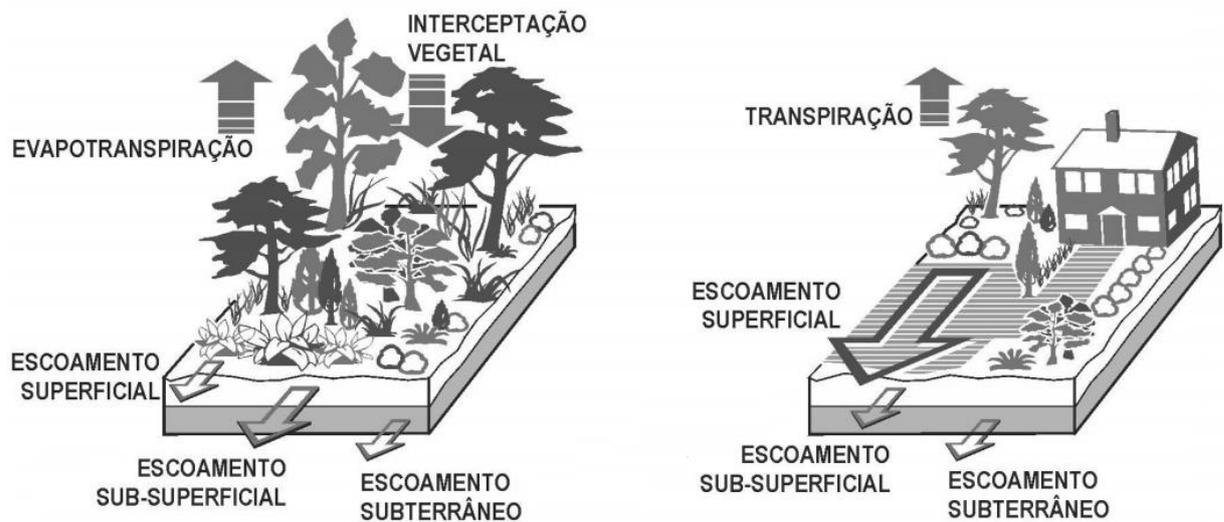


Figura 1 – Impactos nos escoamentos devido à urbanização. Quanto maior o tamanho da seta, maior o volume (SCHUELER, 1987).

2.1.1 Enchentes e Inundações

O escoamento pluvial pode produzir impactos negativos nas áreas urbanas devido a dois processos, que ocorrem isoladamente ou combinados: inundações de áreas ribeirinhas e inundações devido à urbanização (TUCCI, 2003). Das inundações de áreas ribeirinhas, o mesmo autor ressalta que, os rios geralmente possuem dois leitos, o leito menor onde a água escoar na maioria do tempo e o leito maior, que é inundado com tempos de retorno geralmente entre 1,5 e 2 anos.

O impacto devido a inundação ocorre quando a população ocupa o leito maior do rio, ficando sujeita a tal infortúnio (TUCCI, 2003). A Figura 2 ilustra as ocupações irregulares sendo atingidas pelo processo de inundação bem como a representação dos leitos de um rio.

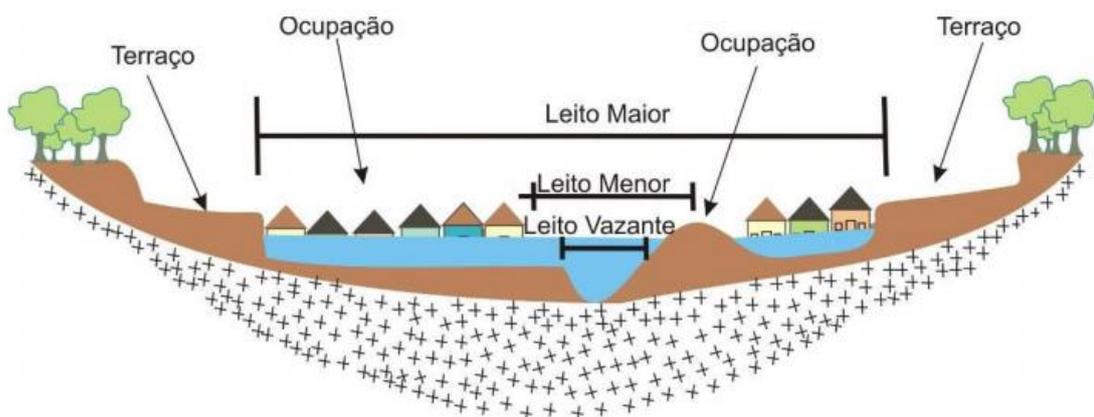


Figura 2 – Perfil esquemático dos leitos do rio e de ocupações irregulares atingidas pelos processos de inundações¹

O crescimento habitacional de maneira desgovernada e sem planejamento impôs a sociedade a conviver com as inundações devido à urbanização e enchentes dos rios. Esse tipo de inundação ocorre principalmente devido a forma como a drenagem urbana é projetada nas cidades – redes e condutos de escoamentos – e pela impermeabilização das superfícies que produzem aumento de escoamento superficial em detrimento do escoamento subterrâneo (TUCCI, 2003).

No artigo Considerações Sobre as Inundações no Brasil, de Goerl e Kobiyama (2005), lê-se:

“As palavras cheia e enchente têm como origem o verbo encher, do Latim *implere*, que significa ocupar o vão, a capacidade ou a superfície de; tornar cheio ou repleto.[...]. Quando as águas do rio elevam-se até a altura de suas margens, contudo sem transbordar nas áreas adjacentes, é correto dizer que ocorre uma enchente. A partir do momento em que as águas transbordam, ocorre uma inundação.”

A Figura 3 demonstra uma boa ilustração da diferença entre as enchentes e inundações.

¹ Imagem disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter11.html>

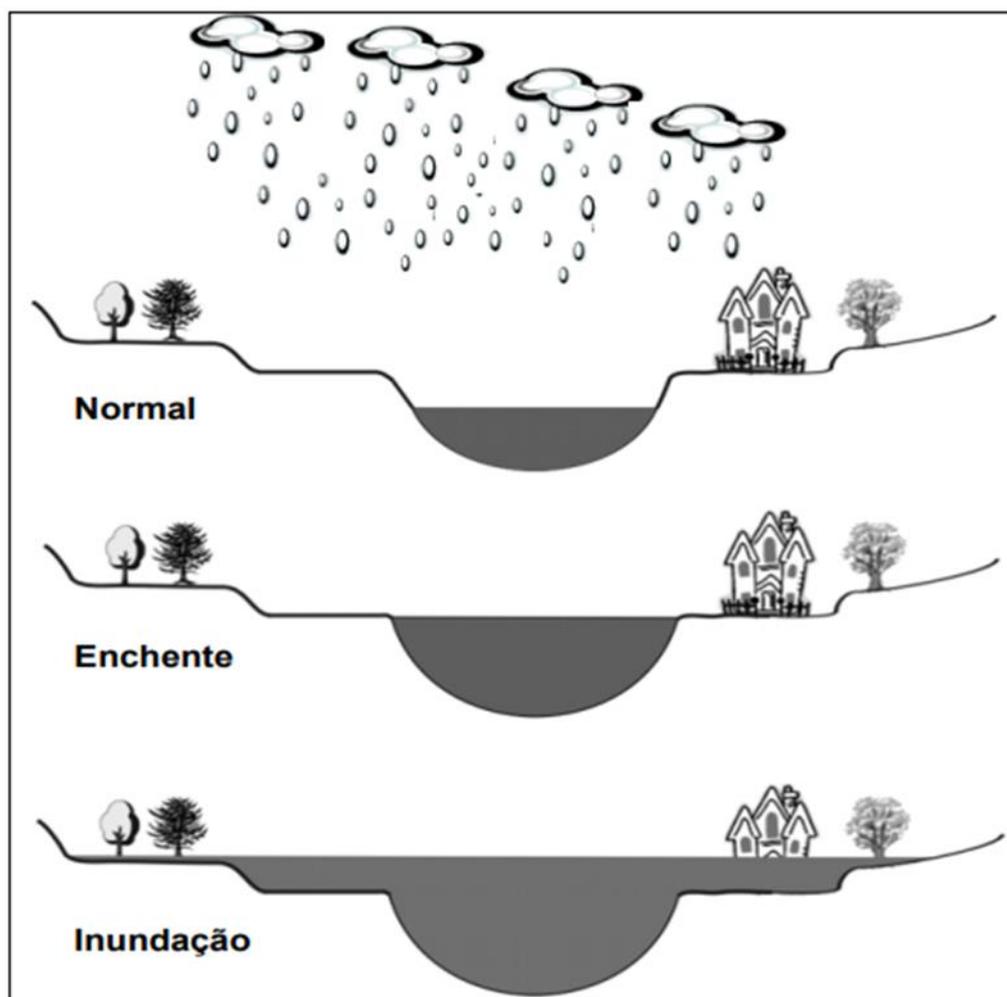


Figura 3 - Elevação do nível de um rio provocada pelas chuvas, do nível normal até a ocorrência de uma inundação (GOERL; KOBAYAMA, 2005).

Segundo Amaral e Ribeiro (2012), é configurado como inundação o transbordamento das águas de um curso d'água atingindo a planície de inundação ou a área costeira. Já as enchentes ou cheias são caracterizadas pela elevação do nível da água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém, sem extravasar.

Outro conceito para o fenômeno é disposto pela Classificação Brasileira de Desastres – COBRADE (2017). As inundações são classificadas como desastres de aspecto natural e hidrológico onde ocorre a submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água, em zonas que normalmente não se encontram

submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície.

2.1.2 Alagamentos

Além de inundação e enchente, existem também os alagamentos e as enxurradas, que são nomenclaturas normalmente usadas em designações de fenômenos hidrológicos urbanos. Segundo o Ministério das Cidades/IPT (2007), alagamento é definido como “o acúmulo momentâneo de águas em uma dada área por problemas no sistema de drenagem, podendo ter ou não relação com processos de natureza pluvial, fluvial ou nival”. A enxurrada é apresentada como o “escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais. É comum a ocorrência de enxurradas ao longo de vias implantadas sobre antigos cursos d’água com alto gradiente hidráulico e em terrenos com alta declividade natural”.

Dessa forma, fica evidente a falta de atenção no emprego das nomenclaturas enchente, inundação, alagamento e enxurrada. Muitas vezes, por falta de conhecimento de suas definições, são erroneamente utilizadas como sinônimos.

Marcelino (2008) desenvolveu um projeto junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que mostrou que os desastres naturais no Brasil são altamente significantes. Conforme dados do EM-DAT (2007), ocorreram 150 registros de desastres no período 1900-2006. Do total ocorrido, 84% foram computados a partir dos anos 70, demonstrando um aumento considerável de desastres no período analisado. Como consequência, foram contabilizadas 8.183 vítimas fatais e um prejuízo de aproximadamente 10 bilhões de dólares. Os tipos de desastres mais frequentes foram as inundações. O gráfico da Figura 4 mostra tal fato onde as siglas se entendem como: IN–Inundação, ES–Escorregamento, TE–Tempestades, SE–Seca, TX–Temperatura Extrema, IF–Incêndio Florestal e TR–Terremoto.

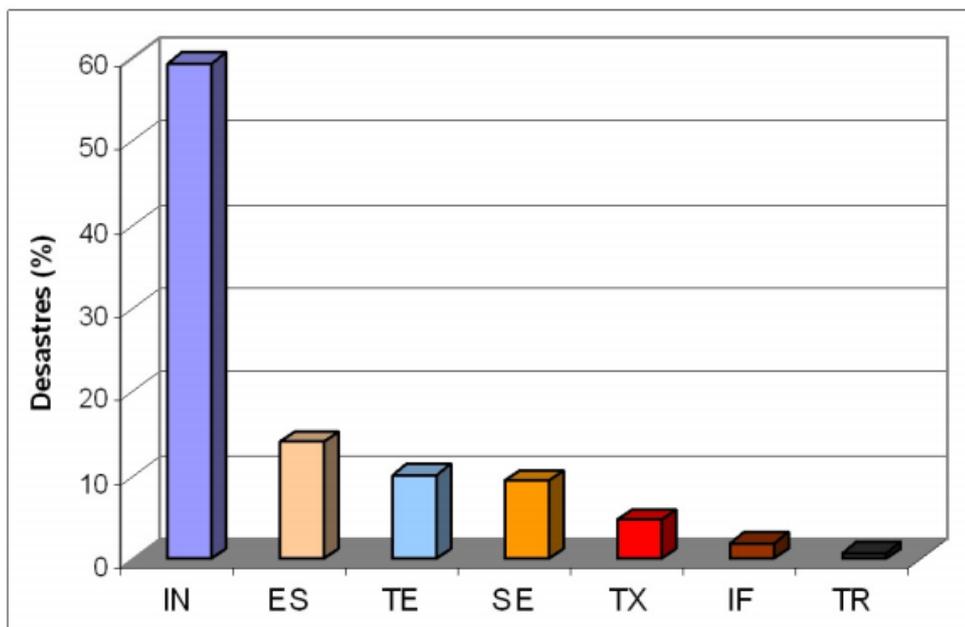


Figura 4 – Distribuição dos desastres naturais entre 1900 e 2006 ocorridos no Brasil (adaptado de INPE, 2008).

2.2 Drenagem Urbana

Durante muito tempo a meta principal da drenagem urbana foi remover as águas pluviais em excesso da forma mais eficiente possível afim de promover uma defesa permanente contra as calamidades públicas, especialmente as inundações (TUCCI, 2003). Tucci et al. (1993) complementam enfatizando que o termo drenagem urbana é entendido como o conjunto de medidas que tenham o propósito de minimizar os riscos a que as populações estão sujeitas, diminuir os prejuízos causados por inundações e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável. Além disso, segundo os autores, drenagem urbana engloba desde a rede de coleta de água devido a precipitação sobre as superfícies urbanas até o seu tratamento e o devido retorno aos rios.

Isso implica que sua concepção é ampla no sentido de atingir até mesmo a integridade de salubridade da sociedade e os indivíduos nela inseridos. Dessa forma, interpreta-se que a drenagem urbana deve ser entendida como um sistema integrado e não somente com a filosofia de escoar e canalizar as águas pluviais o mais rápido possível, mas sim por um meio projetado a não danificar a jusante. Tucci

(2003) complementa enfatizando que “a drenagem faz parte da infraestrutura urbana, portanto deve ser planejada em conjunto dos outros sistemas, principalmente o plano de controle ambiental de esgotamento sanitário de disposição de material sólido e tráfego”.

2.2.1 Microdrenagem e Macrodrenagem

A microdrenagem urbana é definida pelo sistema de condutos pluviais a nível de loteamento ou de rede primária urbana (TUCCI, 2003). Tal sistema tem como função principal coletar e conduzir a água escoada para a macrodrenagem. Ou seja, de forma esclarecida, é composta por bueiros, bocas de lobo, caixas ralo, etc., que são normalmente avistados em sarjetas e meio fios dirigindo a água para as canalizações coletoras, que no Brasil são comumente subterrâneas. Essas, por sua vez, transportam as águas à estação de tratamento.

A macrodrenagem envolve os sistemas coletores de diferentes sistemas de microdrenagem. Tucci (2003) distingue que ela abrange áreas superiores à 2 km², não sendo necessário tomar como um valor absoluto. Os canais, rios e seus afluentes fazem parte da macrodrenagem e que constituem, dessa forma, a bacia hidrográfica naturalmente. Para Tucci (1993), entende-se por macrodrenagem as intervenções em fundos de vale que coletam águas pluviais de áreas providas de sistemas de microdrenagem ou não.

2.3 Plano Diretor de Drenagem Urbana

O controle de inundação, que visa mitigar ou acabar com os problemas causados pela inundação, é o conjunto de medidas que buscam minimizar o acontecimento das mesmas dentro dos municípios já desenvolvidos. Aliado a isso ter-se-á a diminuição dos prejuízos causados para a sociedade possibilitando o desenvolvimento urbano de forma harmônica, sustentável e articulada (ENOMOTO, 2000).

Segundo Tucci (1995), os meios de implementação do controle de enchentes a nível urbano são o Plano Diretor Urbano, as Legislações Municipal/Estadual e o

Manual de Drenagem. O primeiro estabelece as linhas principais, as legislações controlam e o manual orienta.

A principal função do Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU) ou, mais recentemente, Plano de Manejo de Águas Pluviais (PMAP), é idealizar ferramentas de gestão da infraestrutura urbana, de modo geral, em como coletar e destinar as águas pluviais, dos rios e arroios em áreas urbanas. Tem como objetivo propor medidas de controle estruturais ou não, possui um amplo diagnóstico dos obstáculos enfrentado pelo município ou bacia e é acompanhado de seu manual de drenagem.

O plano de controle estabelece as alternativas de controle de cada bacia da cidade, reduzindo o risco de ocorrência de inundação na mesma. O Manual de Drenagem representa o documento que orienta a implementação dos projetos de drenagem na cidade.

O PDDrU também almeja criar mecanismos legais integrados das intervenções municipais e regionais e de alcance de variados níveis do Poder Público junto à sociedade como um todo. Canholi (2015) acrescenta que a produção do plano diretor de macrodrenagem é um evento que abrange a bacia hidrográfica, nesse sentido, pode chegar a ultrapassar as fronteiras do município. Por se tratar de uma questão que engloba grandes áreas, o PDDrU deve-se atentar em evitar medidas locais de caráter restritivo, ou seja, que conduzem o problema para jusante.

A criação de planos diretores de drenagem urbana é altamente recomendável e constitui a estratégia essencial para a obtenção de boas soluções de drenagem urbana. Planos bem elaborados, segundo Tucci (1993), possibilitam:

- estudar a bacia hidrográfica como um todo, evitando medidas de caráter restrito que deslocam e mesmo agravam as inundações em outros locais;
- estabelecer normas e critérios de projeto uniformes para toda a bacia, como período de retorno, gabarito de pontes e travessias.

Os PDDrU estabelecem as diretrizes para a gestão das águas pluviais em uma bacia hidrográfica e visam, fundamentalmente, reduzir o volume e a velocidade de escoamento superficial, a frequência e a duração das inundações e dos

alagamentos (ONEDA, 2018). Estas medidas são uma busca de minorar os efeitos que impactam o meio ambiente, principalmente dos aspectos qualitativos e quantitativos dos corpos d'água receptores, com conseqüente redução de perdas de vida e econômicas, melhoria das condições de saúde da população e meio ambiente da cidade (VILLANUEVA, et al., 2011).

Tucci (2003) afirma que para implementar medidas sustentáveis na cidade é necessário desenvolver o Plano Diretor de Drenagem Urbana. O Plano se baseia em quatro princípios:

(a) os novos desenvolvimentos não podem aumentar a vazão máxima de jusante;

(b) o planejamento e controle dos impactos existentes devem ser elaborados considerando a bacia como um todo;

(c) o horizonte de planejamento deve ser integrado ao Plano Diretor da cidade;

(d) o controle dos efluentes deve ser avaliado de forma integrada com o esgotamento sanitário e os resíduos sólidos.

O conjunto de medidas para controle, correção e/ou prevenção, que visam minimizar os danos das inundações são classificadas, de acordo com sua natureza, em medidas não estruturais e estruturais (CANHOLI, 2015).

Medidas estruturais são de vasta importância para solucionar os problemas de inundação. Porém, para Machado et al. (2017), elas isoladamente “não representam soluções eficazes e sustentáveis, sem contar com os altos custos de sua implantação e manutenção”. No entanto, tais medidas são amplamente implantadas nas cidades e isso pode ser explicado devido a cultura política de mostrar à população que as verbas estão sendo bem direcionadas. Aliado a isso se tem também a impressão de passarem grandiosidade de segurança e proteção para a sociedade.

Barbosa (2006, p. 39), afirma que “para o controle de inundação de forma eficiente torna-se necessária a associação de medidas estruturais e não estruturais,

de modo a garantir à população o mínimo de prejuízo além de possibilitar uma convivência harmoniosa com o rio”.

2.3.1 Medidas Não Estruturais

As medidas não estruturais, para Tucci (2012), são aquelas que buscam utilizar os mecanismos legais, a prevenção de inundações por meio da previsão e alerta, tanto quanto seguros contra os possíveis danos causados e capacitação da população e profissionais. Também são medidas não estruturais a criação de regulamentos do uso do solo, mais precisamente em áreas ribeirinhas.

Enomoto (2000) defende que as medidas não estruturais buscam na sua concepção a melhor convivência da população com as cheias. Não são projetadas para dar proteção completa, já que para isso teria que prever o maior evento possível o que não é uma tarefa fácil e nem confiável. Para que estas medidas sejam realmente eficazes, a participação em união entre o poder público e a comunidade local é primordial. Ademais, deve-se buscar uma forma de garantir a convivência harmonizada da população com o meio em que se encontra inserida, minimizando danos materiais e, principalmente, sem perdas humanas.

As estratégias utilizando de medidas não estruturais vão além da visão de previsão/prevenção e mitigação. Elas podem abranger a criação de diretrizes para recuperação. Além disso, podem dispor de normas que visam a saúde ambiental da população bem como o meio em que é aplicada. Faisal et al. (1999) expõem exemplos de diferentes tipos de estratégias de gerenciamento como mostra a Tabela 1.

No IPH-UFRGS (2001), lê-se:

“A principal medida não estrutural é a legislação para controle dos futuros desenvolvimentos. Essa legislação pode ser incorporada no Plano Diretor Urbano ou em decretos municipais específicos. A prefeitura de Porto Alegre introduziu no Plano Diretor Urbano e Ambiental artigo que obriga aos novos empreendedores a amortecer o aumento da vazão em função da urbanização. Foi proposto um artigo de lei para o

controle na fonte (desenvolvimento dos lotes) que induz o usuário ao uso das medidas na fonte.”

Tabela 1 – Estratégias não estruturais para controle de enchentes e mitigação de problemas de saúde ambiental (adaptado de FAISAL et al., 1999).

INUNDAÇÕES	
Prevenção	Responsabilidade preventiva com o objetivo de assegurar que os problemas com enchentes serão evitados
Mitigação	Respostas imediatas aos alertas de inundação antes de uma inundação e o curso de ação a ser tomado durante uma inundação para reduzir os riscos
Recuperação	Ação a ser realizada após o evento de enchente para as comunidades recuperarem-se dos impactos de uma inundação
SAÚDE AMBIENTAL	
Gestão de resíduos sólidos	Controle de resíduos sólidos para evitar bloqueios e redução da capacidade hidráulica do sistema de drenagem
Mitigação da poluição	Redução da descarga de poluentes no sistema de drenagem de águas pluviais
Controle de vetores	Melhoria das práticas de redução da transmissão vetorial de doenças relacionadas à drenagem urbana e inundações

2.3.2 Medidas Estruturais

As medidas estruturais são essencialmente obras de engenharia implementadas para reduzir o risco de enchentes e inundações. Consistem na alteração dos sistemas de drenagem, podendo ser realizadas em nível de microdrenagem como reservatórios subterrâneos, galerias, trincheiras de infiltração, etc., e no âmbito de macrodrenagem como diques, alargamento e desvios de canais, barragens, dentre outras.

Essas medidas podem ser extensivas ou intensivas. Segundo Tucci (1993), as medidas extensivas são aquelas que agem na bacia, procurando modificar as relações entre precipitação e vazão, como alteração da cobertura vegetal do solo, que reduz e retarda os picos de enchente e controla a erosão da bacia. Já as medidas intensivas são aquelas que agem no rio e podem ser de três tipos de acordo com Simons et al., (1977): “1-as que aceleram o escoamento: construção de diques e *polders*, aumento da capacidade de descarga dos rios e corte de meandros; 2-as que retardam o escoamento: reservatórios e as bacias de

amortecimento e 3-as que desviam o escoamento: são obras como canais de desvios”. A Tabela 2 apresenta as principais medidas estruturais.

Tabela 2 – Principais medidas estruturais (adaptado de SIMONS et al., 1977 apud TUCCI, 2007).

MEDIDA	PRINCIPAL VANTAGEM	PRINCIPAL DESVANTAGEM	APLICAÇÃO
MEDIDAS EXTENSIVAS			
Controle da cobertura vegetal	Redução do pico da cheia	Impraticável para grandes áreas	Pequenas bacias
Controle da erosão do solo	Reduz o assoreamento		
MEDIDAS INTENSIVAS			
Diques e polders	Alto grau de proteção de uma área	Danos significativos caso falhe	Grandes rios
Melhoria do canal:			
- Redução da rugosidade por desobstrução	Aumento da vazão com pouco investimento	Efeito localizado	Pequenos rios
- Corte de meandro	Amplia a área protegida e acelera o escoamento	Impacto negativo em rio com fundo aluvionar	Área de inundação estreita
Reservatórios:			
- Todos os reservatórios	Controle a jusante	Localização difícil	Bacias intermediárias
- Reservatórios com comportas	Mais eficiente com o mesmo volume	Vulnerável a erros humanos	Projeto de múltiplos usos
- Reservatórios para cheias	Operação com o mínimo de perdas	Custo de implantação não compartilhado	Restrito ao controle de enchentes
Mudança de canal:			
- Caminho da cheia	Amortecimento de volume	Depende da topografia	Grandes bacias
- Desvios	Reduz a vazão do canal principal		Bacias média e grandes

Walesh (1989) apud Canholi (2015) categoriza as diretrizes gerais de projeto de drenagem em “conceito de canalização” e “conceito de reservação”. Ele apresenta uma comparação entre as particularidades e propriedades dos dois conceitos como a Tabela 3 apresenta.

Tabela 3 – Conceito de canalização x conceito de reservação (CANHOLI, 2015).

CARACTERÍSTICA	CANALIZAÇÃO	RESERVAÇÃO
Função	Remoção rápida dos escoamentos	Contenção temporária para subsequente liberação
Componentes principais	Canais abertos/galerias	- Reservatórios a superfície livre - Reservatórios subterrâneos - Reservatórios sub-superficial
Aplicabilidade	- Instalação em áreas novas - Construção por fases - Ampliação de capacidade pode se tornar difícil (centros urbanos)	- Áreas novas (em implantação) - Construção por fases - Áreas existentes (à superfície ou subterrâneas)
Impacto nos trechos de jusante (quantidade)	- Aumenta significativamente os picos das enchentes em relação à condição anterior - Maiores obras nos sistemas de jusante	- Áreas novas: podem ser dimensionadas para impacto zero (Legislação EUA) - Reabilitação de sistemas: podem tornar vazões a jusante compatíveis com capacidade disponível
Impacto nos trechos de jusante (qualidade)	Transporta para o corpo receptor toda a carga poluente afluente	- Facilita remoção de material flutuante por concentração em áreas de recirculação dos reservatórios e dos sólidos em suspensão, pelo processo natural de decantação
Manutenção/operação	- Manutenção em geral pouco frequente (pode ocorrer excesso de assoreamento e de lixo) - Manutenção nas galerias é difícil (condições de acesso)	- Necessária a limpeza periódica e fiscalização - Sistema de bombeamento requer operação/manutenção - Desinfecção eventual (insetos)
Estudos hidrológicos/hidráulicos	Requer definição dos picos de enchente	Requer definição dos hidrogramas (volumes das enchentes)

2.4 Medidas Estruturais Usualmente Praticadas no Brasil

Com intuito de focar no tema do vigente trabalho, este tópico será direcionado a exposição das medidas corriqueiramente empregadas em grande parte dos municípios brasileiros voltadas a prevenção e redução de alagamentos, enchentes e inundações.

2.4.1 Obras de canalização

Para Canholi (2015), o conceito de canalização definido por Welsh mostrado na Tabela 3 em 2.3.2, retrata as intervenções de canalização comumente empregada por dezenas de anos, particularmente no Brasil e no mundo todo. Essas práticas podem ser exemplificadas como: retificação de traçados de córregos e rios, galerias e canais de concreto de desvio que objetivam o afastamento rápido dos escoamentos ou ainda o aproveitamento para tráfego por sobre os canais assim como nas laterais. A Figura 5 demonstra uma obra de canalização com revestimento em concreto.



Figura 5 – Canalização do córrego Estribo Ahú em Curitiba – PR (PPC, 2016).

A Figura 6 mostra uma obra de canalização, no entanto, ao contrário de canais de concreto, trata-se de uma retificação do curso do rio do tipo de intervenção que busca o retardamento na calha. Pelo fato de conservarem um revestimento rugoso nas margens, visa reduzir as velocidades de escoamento. E, pelo aumento dos tempos de concentração, acabam por amenizar os picos de vazão.



Figura 6 – Retificação do Rio Paraibuna em Juiz de Fora – MG e ocupação das várzeas (CESAMA, s.d.).

2.4.2 Obras de detenção/retenção

Tais obras são, normalmente, rotuladas como obras de macrodrenagem e, dentro dos conceitos modernos nas questões de drenagem urbana, vem assumindo papel de grande importância progressiva. Quando não abrangem a macrodrenagem podem ser classificadas como pequenos reservatórios.

São medidas frequentemente usadas em vários municípios. De modo geral, buscam amortecer o escoamento, reduzindo a vazão de pico.

2.4.2.1 Bacias de retenção

As bacias de retenção são reservatórios que visam, de acordo com Tucci et al. (1995), minimizar o impacto hidrológico da redução da capacidade de armazenamento natural da bacia hidrográfica. Popularmente conhecidos como “piscinões”, contribuem bastante para redução das inundações urbanas.

Tomaz (2002) complementa que o “reservatório de retenção ou piscinão é um reservatório aberto ou fechado que tem por função regular a vazão de saída num valor desejado, de maneira a atenuar os efeitos a jusante da vazão de entrada”.

São estruturas de armazenamento temporário de curto prazo das águas da chuva, por isso são usualmente chamados de armazenamento seco. Dessa forma, esse tipo de sistema acaba sendo uma boa opção para grandes cidades já desenvolvidas. Por não possuírem muitas escapatórias como grandes espaços para a implantação da obra. Normalmente são locais de parques ou com uso recreacionais, áreas verdes e paisagísticas quando em tempos de estiagem.

A Figura 7 mostra um reservatório construído na bacia do rio Tamanduateí - SP. É um reservatório seco e aberto, com uso para esportes. A Figura 8 apresenta um reservatório seco, porém subterrâneo (fechado) construído em Vitória – ES.



Figura 7 – Reservatório de retenção seco em Tamanduateí – SP (CANHOLI, 2015).



Figura 8 – Reservatório de detenção fechado em Vitória – ES (G1, 2015).

2.4.2.2 Bacias de retenção

Martins e Moretti (s.d.) explicam que reservatórios de retenção são idealizados para manterem um volume permanente de água, podendo ter uma área com lâmina frequente de água para escoar uma cheia frequente de dois anos. A evasão da água neste tipo de reservatório é por gravidade, com tempo médio de 6 horas.

São bacias projetadas para não esvaziarem por completa entre enxurradas (AGRA, 2001). Possuem, normalmente, o fundo de concreto ou terra e, a lâmina d'água disposta constantemente é tida como vantagem por evitar o crescimento de vegetação indesejável na base (Tucci, 1997). O autor ainda enfatiza que com essa vantagem traz como consequência uma grande efetividade no controle da qualidade das águas. Na Figura 9 é apresentada uma foto aérea de um reservatório de retenção.



Figura 9 - Reservatório de retenção - Parque do Ibirapuera em São Paulo (FILHO, MARTINS E PORTO, 2012).

2.5 Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável

O termo drenagem urbana sustentável tem sua origem recente. Na atual conjuntura ambiental, busca-se sempre projetar e planejar o emprego de medidas de drenagem mais sustentáveis e de alta eficiência. Poletto e Agostinho (2012) apontam que “com o intuito de aumentar a infiltração no solo, buscar uma melhoria no equilíbrio do ciclo hidrológico e incentivar o uso de água pluvial, surgiu o conceito de SUDS (*Sustainable Urban Drainage System*) em países escandinavos”.

As soluções clássicas para resolver os problemas de drenagem das cidades são, na maioria dos casos, insustentáveis no sentido técnico e econômico, e cada vez mais, onerosos para a sociedade. Além disso, grande parte das obras hidráulicas empregadas visam na rápida remoção do escoamento o que acaba transferindo o problema para jusante.

Poletto e Tassi (2011) argumentam que o SUDS se desenvolveu levando em consideração todas as alterações geradas pela urbanização (impermeabilização do

solo e retirada da cobertura vegetal). Os mesmos autores complementam enfatizando que SUDS é uma evolução do sistema de drenagem urbana clássico.

À vista do exposto, urge o uso da implementação de sistemas cada vez mais sustentáveis. Segundo Souza e Goldenfum (2000) no livro Avaliação e controle de drenagem, parte 4, as nomeadas medidas alternativas ou compensatórias de drenagem (trincheiras de infiltração, pavimento permeável, telhado verde, dentre outras) oferecem bons instrumentos de controle do escoamento superficial.

As principais medidas de controle localizado no lote, estacionamento, parques e passeios são denominadas, normalmente de controle na fonte e as principais medidas são as seguintes (TUCCI, 2007):

- aumento de áreas de infiltração e percolação e
- armazenamento temporário em reservatórios residenciais ou telhados.

Adiante é apresentado algumas das medidas estruturais em drenagem urbana, assim como a citada anteriormente que buscam fazer o controle na fonte:

2.5.1 Cobertura verde

As coberturas verdes são compostas basicamente de vegetação e solo. Tais dispositivos consistem na plantação intencional de arbustos, flores, plantas como revestimento vegetal no topo de edifícios em geral (LOURENÇO, 2014). É capaz de absorver e reservar a água, transferindo-a lentamente por tubulações a reservatórios de reuso de águas, para sistemas coletores de drenagem ou ainda para infiltração no subsolo. A Figura 10 a seguir ilustra o uso deste tipo de sistema.



Figura 10 – Vista aérea da cobertura verde de um edifício comercial em Portugal (COSTA, 2010).

Na literatura consultada do Lourenço (2014), cobertura verde também é identificada como cobertura viva, telhados verdes, coberturas armazenantes, cobertura ecológica e cobrimento vegetal. Decidiu-se utilizar o termo cobertura verde neste trabalho por abranger todas as tipologias e usos de tal medida.

Esse tipo de cobertura tem sido amplamente usado fora do Brasil por trazer consigo grandes vantagens e benefícios. Segundo Costa et al. (2011), tais coberturas reduzem o escoamento superficial que desencadeiam as famosas “enxurradas” e amenizam o calor nos edifícios. Além disso, para Lourenço (2014) outros principais benefícios são: regulação da temperatura urbana, reduzindo o efeito “ilha de calor” (fenômeno climático que ocorre principalmente nas cidades com elevado grau de urbanização), melhoria da qualidade do ar e da própria água.

2.5.2 Pavimento permeável

É uma alternativa *in loco* que busca a infiltração de parte da água pluvial para pequenos reservatórios de pedra, brita ou material granular localizado sob a superfície permeável ou semipermeável. O sistema é encaixado como sustentável por permitir que a água que cai sobre o pavimento seja drenada pelas juntas ou poros para as camadas subjacentes, onde ficam armazenadas momentaneamente

podendo ser utilizada no futuro, encaminhada para outros sistemas de drenagem ou sendo gradualmente infiltrada no solo (LOURENÇO, 2014). A Figura 11 retrata o pavimento tipo implantado como piso em garagens.



Figura 11 – Pavimento permeável do tipo blocos vazado (Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo, 2012).

2.5.3 Trincheiras de infiltração

As trincheiras de infiltração são estruturas longitudinais (seu comprimento é maior que sua largura), e pouco profundas (na maior parte dos casos com menos de um metro), que recolhem a água precipitada por tempo suficiente para sua infiltração no solo (IMPULCETTO, 2017). São constituídas por valetas preenchidas por material granular que é revestido por um filtro geotêxtil (SOUZA e GOLDENFUM, 2000). A Figura 12 ilustra uma trincheira de infiltração e sua estrutura típica.

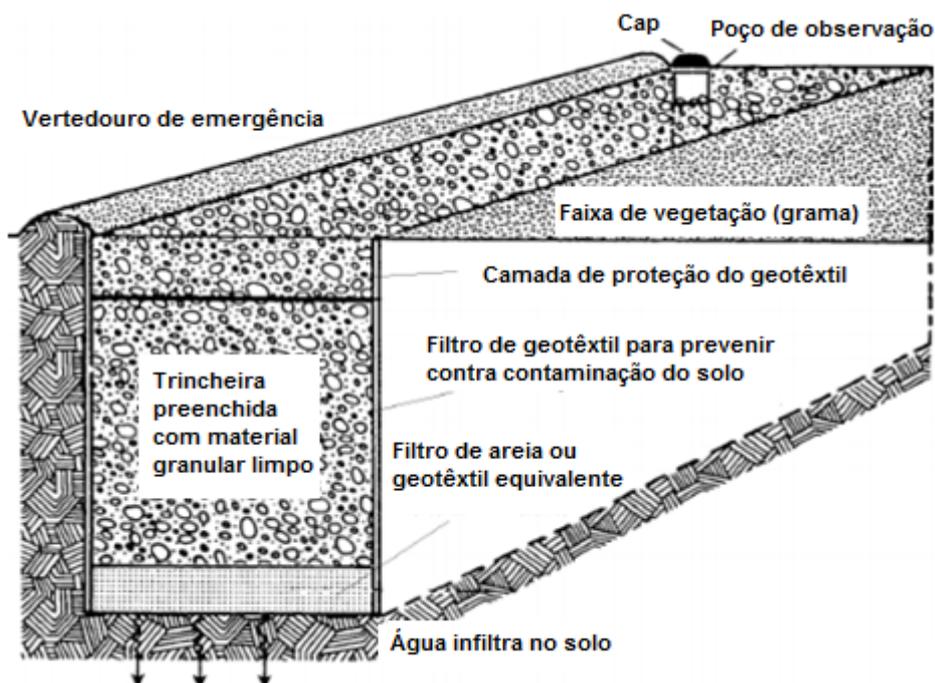


Figura 12 – Esquema de uma trincheira de infiltração (adaptado de SCHUELER, 1987).

Oneda (2018) explica que a “principal dificuldade encontrada no uso desse tipo de dispositivo é o entupimento dos vazios entre os elementos pelo material fino transportado, por isso é recomendado o uso de um filtro de material geotêxtil”.

Algumas vantagens na implantação desse sistema são elencadas a seguir (NASCIMENTO, 1996):

- diminuição ou mesmo eliminação da rede de microdrenagem local;
- evita a reconstrução da rede a jusante em caso de saturação;
- redução do risco de inundação;
- redução da poluição das águas superficiais;
- recarga das águas subterrâneas;
- boa integração com o espaço urbano.

2.5.4 Poços de infiltração

Os poços de infiltração ou poços absorventes, segundo Lourenço (2014), são dispositivos de infraestrutura de drenagem que permitem a infiltração direta das águas pluviais no solo. Funcionam como variante de retardo do escoamento por armazenarem por um breve tempo as águas precipitadas.

O dispositivo em questão funciona de modo que, primeiramente grande parte da água captada pela edificação é lançada no poço de infiltração. Segundo Reis, Oliveira e Sales (2008), a partir do momento em que o solo satura e o poço se enche por completo, a água passa a ser lançada no sistema público de drenagem, por meio de extravasores do próprio poço de infiltração ou em uma caixa de passagem anterior ao sistema.

A Figura 13 representa o funcionamento deste dispositivo bem como suas características típicas de dois tipos deles: poços com revestimento e sem revestimento.

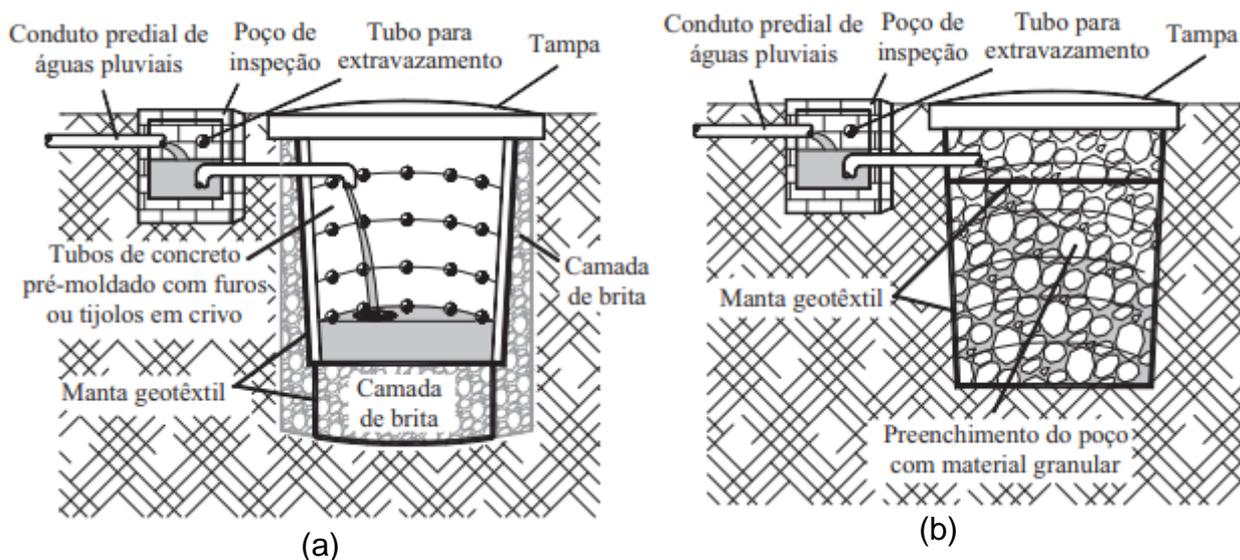


Figura 13 – Esquema de poços de infiltração. (a) Revestido (adaptado de REIS et al., 2008); (b) não revestido (adaptado de SOUZA, 2002).

3 DADOS E MÉTODOS

A fundamentação teórica, para cada subcapítulo do trabalho, utilizou-se de consultas em publicações científicas, artigos, livros, anais, teses, documentos e dissertações voltadas especificamente para o tema proposto. Pesquisas *online* via internet também trouxeram informações, principalmente para se portar dos planos diretores de drenagem das cidades em estudo.

Buscando ter um embasamento teórico consistente e tendo em vista os objetivos do presente trabalho, a revisão bibliográfica foi realizada no intuito de mostrar os principais pontos sobre a drenagem urbana, enchentes e inundações e alagamentos de municípios brasileiros.

O trabalho contemplou um estudo de caso. O meio principal de se efetuar o estudo de caso foi buscar vários planos diretores de drenagem urbana – inclusive os volumes adicionais (manuais, cartilhas, tomo e notas suplementares) que surgem dos próprios planos diretores – selecionando, por fim, dois planos para se fazer uma análise comparativa de seus objetivos, intervenções propostas e aplicabilidade. Procuraram-se, então, as medidas estruturais aplicadas ou propostas nos planos escolhidos para uma análise comparativa.

Para efetuar a análise comparativa dos planos e possibilitar a organização do material e dos dados foi utilizado o *software* NVivo 12 para Windows, desenvolvido por QRS Internacional, examinando quantitativamente e qualitativamente a abordagem de temas escolhidos. O programa é pago, no entanto ele disponibiliza 14 dias para uso gratuito a princípio. Após esse tempo sem custo é necessária a compra de uma licença. Porém, não foi necessária a compra para realização da pesquisa, pois foi concebida uma licença provisória, junto a empresa com validade de 60 dias.

Ademais, consultou-se o trabalho de dissertação de mestrado da Tânia Mara Sebben Oneda, com o tema Planos Diretores de Drenagem Urbana: Uma Análise Comparativa Entre Planos de Países Desenvolvidos e em Desenvolvimento (2018), como uma base impulsionadora para realização da pesquisa, a qual utilizou princípios metodológicos parecidos e o mesmo programa para análise de dados que

o presente trabalho, encontrando resultados relativos a comparação entre o Plano de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas para o Município de Joinville – SC (PDMAP), Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de Porto Alegre – RS e o Plano Diretor de Águas Pluviais do Concelho da Maia, de Portugal.

3.1 Planos Escolhidos para Comparação

A dificuldade na escolha de planos que continham informações consistentes e necessárias para o desenvolvimento do atual trabalho foi relevante. Há precariedade das cidades brasileiras quanto ao planejamento e à gestão dos recursos hídricos o que acarreta a falta de planos, a transparência de dados e até mesmo a disponibilidade de PDDrU nas bibliotecas *online* dos municípios, situações que provaram dificuldades.

Face ao exposto, foi escolhido o Plano Diretor de Drenagem Urbana de Curitiba por se portar de todos os volumes que o compõe. Além disso, Curitiba é uma grande metrópole, capital do Paraná e também uma cidade bem desenvolvida do país, onde as questões urbanas estão em agravamento constante e com isso carregando os problemas de drenagem. Em contrapartida e sem menosprezo ao trabalho dos órgãos públicos, optou-se pelo Plano de Drenagem de Juiz de Fora – Zona Norte (PD/JF ZN) por se tratar de uma cidade não capital, do interior de Minas Gerais e por ter acesso, junto ao site da prefeitura, dos arquivos que constituem o plano. Aliado ao descrito como motivo de escolha dos planos, as duas cidades se encontram em regiões distintas do Brasil, com populações divergentes e com culturas dissemelhantes. Ademais, no entanto, possuem médias de chuvas parecidas.

3.2 Caracterização das áreas de estudo

3.2.1 Município de Curitiba, PR

Curitiba é a capital do estado do Paraná, localizada na região sul do Brasil como identificado na Figura 14. Cidade mais populosa do estado, com cerca de 1.917.185 habitantes segundo estimativa demográfica do IGBE (2018). De clima considerado subtropical, possui uma área territorial de 434,967 km² e é formada num altiplano cerca de 930 metros acima do nível do mar.

A economia do município de Curitiba cresce com taxas superiores à média nacional. Segundo site da prefeitura municipal, em dados econômicos, nos últimos oito anos o Produto Interno Bruto (PIB) da cidade registrou um crescimento real superior a 48%, saltando de R\$ 20,5 bilhões, em 2002, para R\$ 48 bilhões, em 2010.

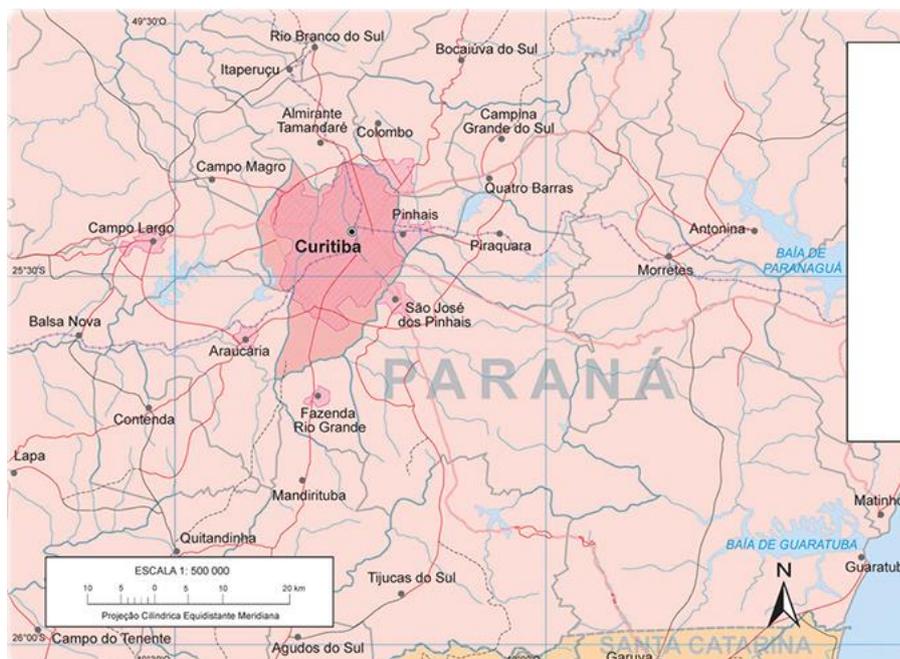


Figura 14 – Localização do município de Curitiba – PR (Guia Geográfico Curitiba, s.d.).

O município de Curitiba, por se localizar na região sul, é considerada a capital brasileira mais fria durante o inverno podendo chegar, em alguns invernos, a temperaturas negativas. É considerada uma das metrópoles brasileiras mais bem planejadas, organizadas e com ótima qualidade de vida. Em termos de infraestrutura do território e ambiente, apresenta, segundo IBGE (2017), “96,3% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 76,1% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 59,1% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de boca de lobo, calçada, pavimentação e meio-fio)”. Além dos dados abordados, a cidade detém o título de Capital Ecológica do Brasil devido às suas extensas áreas verdes e arborizadas.

Quanto às bacias hidrográficas, Curitiba é privilegiada por possuir duas das mais importantes bacias do sul do Brasil: as bacias do Ribeira do Iguape e do rio Iguazu (SALAMUNI e FIORI, s.d.). Os mesmos autores caracterizam o planalto de Curitiba como pouco elevado com cristas alongadas, morros arredondados e vales de drenagem. O rio Iguazu, um dos mais importantes do estado do Paraná, tem suas nascentes na Serra do Mar e percorre uma extensão de 97 km na Região Metropolitana de Curitiba (RMC). As principais bacias de afluentes do Iguazu que drenam o município de Curitiba e que deságuam pela sua margem direita são: bacia do Rio Atuba e Bacacheri, bacia do Rio Belém, bacia do Ribeirão dos Padilhas, bacia do Rio Barigui, bacia do Rio Passaúna, além de outros menos representativos como mostra Figura 15.

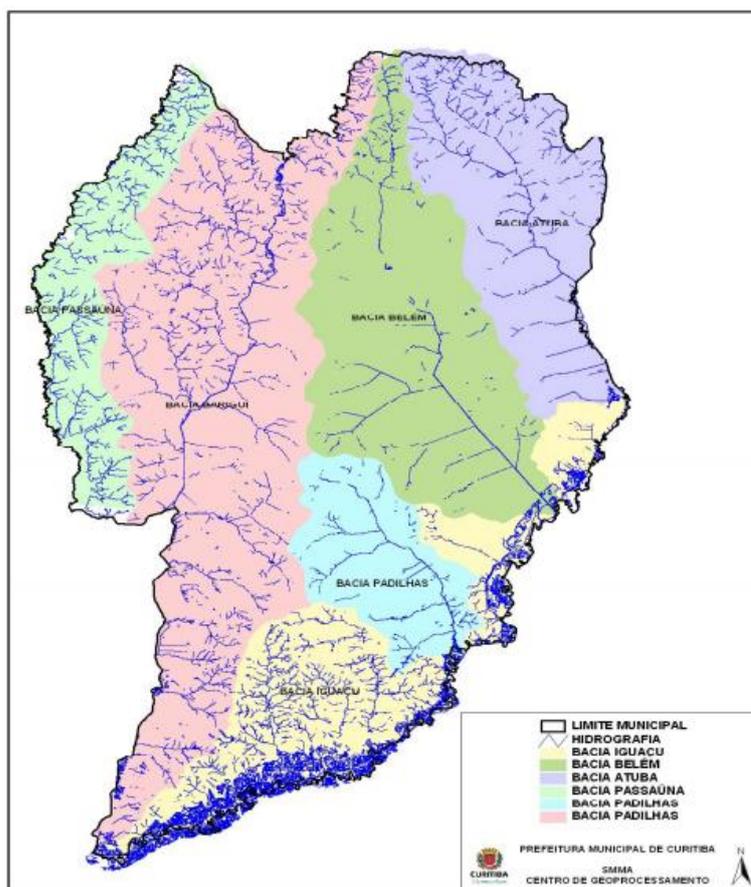


Figura 15 – Rede hidrográfica e bacias de Curitiba (PPC).

3.2.2 Plano de Curitiba

O Plano Diretor de Drenagem Urbana de Curitiba foi elaborado junto às Secretaria Municipal de Obras Públicas (SMOP) e Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMMA), pelo contrato 19.390 de prestação de serviços que entre si fazem o Município de Curitiba com a interveniência do Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC) e a COBRAPE - Cia Brasileira de Projetos e Empreendimentos. Nele são apresentadas diretrizes técnicas e institucionais ao poder público, às instituições e a sociedade organizada, bem como ferramentas compostas por medidas estruturais e não estruturais, que permitam mitigar, reduzir, limitar, prevenir e evitar os impactos causados pelas enchentes em Curitiba (SMMA, 2017). Mais especificamente, o documento elaborado se refere a uma etapa de plano de macrodrenagem nas bacias Atuba, Belém, Barigui, Iguaçu, Padilhas e Passaúna, inseridas no município de Curitiba.

O plano apresenta um estudo amplo das bacias que estão inseridas na cidade e aborda, na maioria do documento, questões de macrodrenagem. O Plano Diretor de Drenagem da bacia do rio Iguaçu (doravante também denominado PDD-2002), no âmbito da Região Metropolitana de Curitiba, destaca-se pela sua elevada qualidade e pela ainda atualidade de informações e proposições. Esse segundo plano (da bacia do Rio Iguaçu), foi estudado em conjunto por serem integrados ao Plano Diretor de Drenagem. O estudo foi contratado pela Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA) no ano 2000 e desenvolvido pela empresa CH2MHILL, tendo sido concluído em dezembro de 2002.

Curitiba é uma cidade altamente populosa. Segundo dados do IBGE do ano de 2010, a cidade de Curitiba, que está inserida na Região Metropolitana, enfrenta grande taxa de crescimento anual, atingindo 3,02% que é quase o dobro da média de 1,53% ao ano verificado nos demais centros urbanos do país. Esse crescimento, aliado à explosão ocupacional desenfreada do uso do solo, leva a impactos e eventos extremos de caráter complexo, como as inundações e alagamentos em meios urbanos (LOHMANN, 2013). Ainda segundo um estudo realizado pelo mesmo

autor, que foi pioneiro em análise dos alagamentos no município de Curitiba, concluiu-se que “a partir da análise dos dados de ocorrências de Defesa Civil e apesar do pequeno período observado (2005-2010), aliado à imprecisão de alguns registros, é possível afirmar que os alagamentos são o principal problema no município de Curitiba, somando quase 45% do total de ocorrências registradas no período analisado”.

De frente a problemática abordada, o volume complementar do plano levanta que com seu território quase totalmente ocupado, a prefeitura é levada a planejar e implantar ações sob um enfoque metropolitano, com o objetivo de manter e ampliar o padrão de qualidade de vida da população (PPC, 2002). Ainda conforme enfatizado no PPC, a necessidade de um sistema de drenagem, sua implementação e expansão, assumem especial importância e urgência, especialmente tendo-se em conta a qualidade dos recursos hídricos.

3.2.3 Município de Juiz de Fora, MG

Localizada na região da Zona da Mata mineira, a 283 quilômetros da capital do estado de Minas Gerais, a sudeste desta. É considerada a principal cidade da região. Segundo o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU), ocupa uma área total de 1.429,8 km² dividido em 4 distritos, sendo que o Distrito-Sede abrange uma área de 724,385 km². O Decreto Municipal 4.047/88 descreveu o seu perímetro urbano e estabeleceu os limites da área urbana, que abrange cerca de 400 km². O perímetro urbano do Município insere-se totalmente no curso médio do Rio Paraibuna. A população estimada da cidade foi de 564.310 habitantes, segundo dados do IBGE de 2018, sendo quase sua totalidade é considerada urbana. Garantindo o 2º lugar da microrregião, possui um PIB per capita de R\$ 25.968,58. A Figura 16 representa a localização do estado de Minas Gerais em relação ao mapa territorial do Brasil, bem como a localização dos limites do município de Juiz de Fora dentro deste estado.

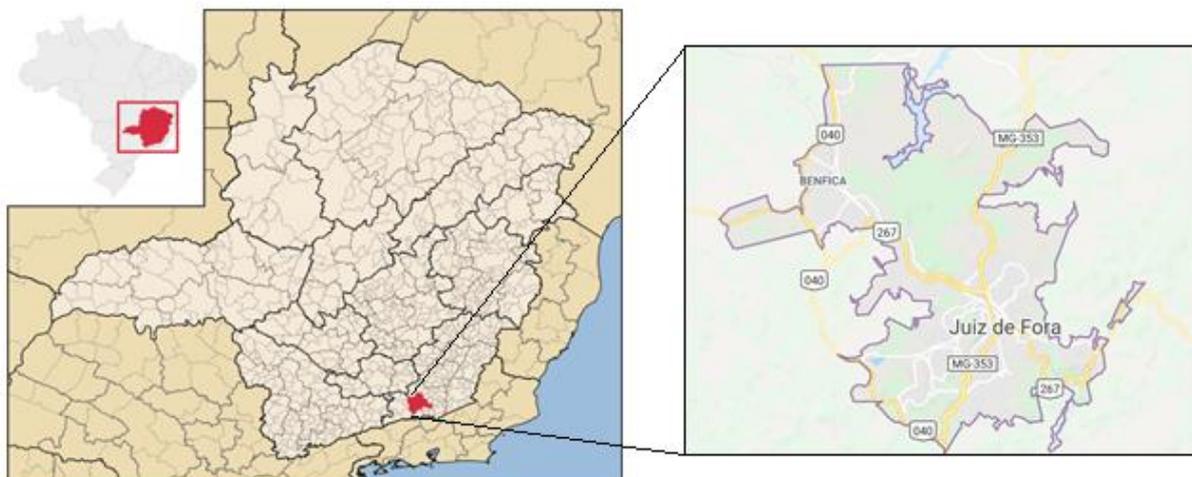


Figura 16 – Localização territorial do município de Juiz de Fora (PMJF,).

Conforme os dados da Estação Climatológica Principal, o clima de Juiz de Fora apresenta duas estações bem definidas: uma que vai de outubro a abril, com temperaturas mais elevadas e maiores precipitações pluviométricas, e outra de maio a setembro, mais fria e com menor presença de chuvas. Segundo a PMJF (2004), este clima pode também ser definido, genericamente, como Tropical de Altitude, por corresponder a um tipo tropical influenciado pelos fatores altimétricos, em vista do relevo local apresentar altitudes médias entre 700 m e 900 m, que contribuem para a amenização das suas temperaturas.

Os índices pluviométricos anuais, também obtidos pela Estação Climatológica Principal, nas últimas décadas (1973 - 2005), acusaram médias próximas a 1.536 mm e maiores índices mensais no mês de janeiro, com 298 mm, enquanto que a média térmica anual é de 18,9°C. O mês mais quente (fevereiro) possui média próxima a 21,7°C e o mês mais frio (julho), 16,1°C (PDDU - PMJF, 2004).

Em termos da hidrografia local, o município de Juiz de Fora possui uma farta rede de drenagem com bastantes rios de pequena extensão, sendo que a cidade está inserida na bacia do Médio Paraibuna, pertencente à bacia do rio Paraíba do Sul. A Agência Nacional das Águas (ANA) traz que, o rio Paraibuna possui 170 km de extensão e seus principais afluentes são os rios: do Peixe e Preto que ficam à margem direita e o Cágado localizado na margem esquerda, desaguardo no rio

Paraíba do Sul. O rio paraibuna é o principal canal que corta todo meio urbano da cidade de Juiz de Fora como representa o mapa da Figura 17.

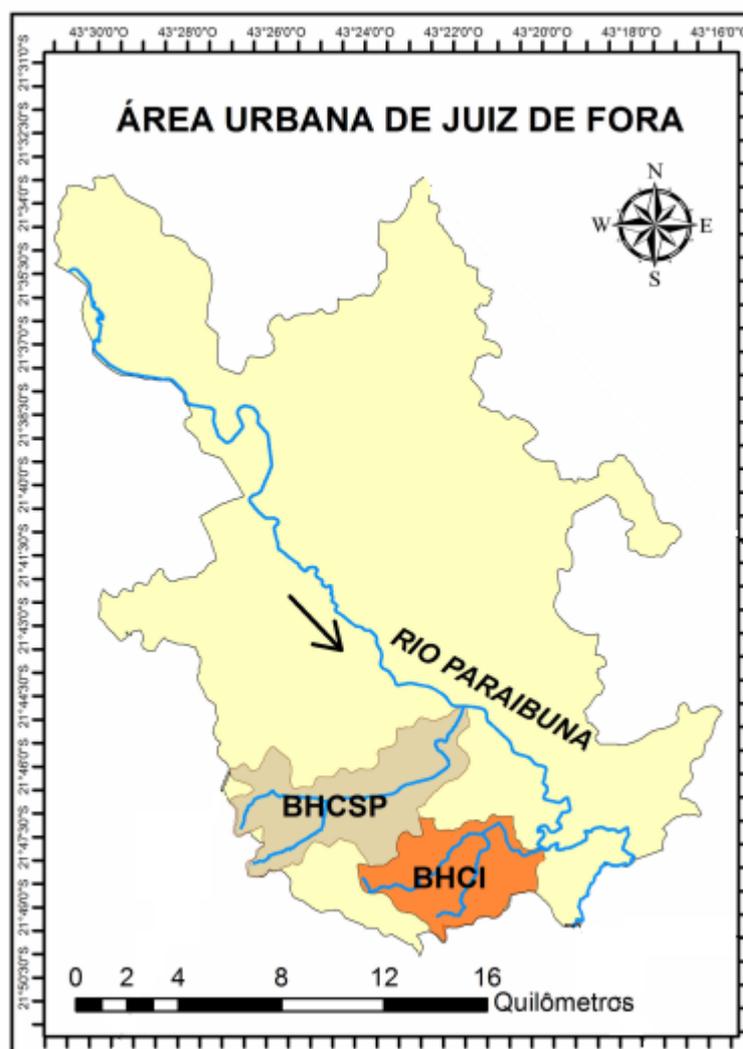


Figura 17 – Área urbana e rio principal de Juiz de Fora (IBGE, 2016).

3.2.4 Plano de Juiz de Fora

Ressalta-se aqui que o Plano Diretor de Drenagem de Juiz de Fora analisado neste trabalho retrata, em geral, a zona norte do município por se tratar de um domínio de crescimento não planejado e ser o único plano que a cidade possui. A elaboração deste plano é oriunda de recursos da Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (AGEVAP) e do apoio, consulta e pesquisa da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

Conforme a Prefeitura Municipal de Juiz de Fora (PMJF), a cidade possui um relevo bastante dissecado com colinas côncavo-convexas e vales, com média de altitude de 800 metros, típico do Vale do Paraíba do Sul e dos contrafortes da Serra da Mantiqueira. Os cursos d'água de maior extensão e volume da região são o Rio Paraibuna e seus afluentes, Rio do Peixe e Rio do Cágado, que nele deságuam já fora dos limites do Município.

Segundo relatado no próprio plano, historicamente, o problema das inundações em Juiz de Fora se originou na falta de capacidade de transporte do rio Paraibuna para conduzir as descargas máximas de cheias. Para o período 1996/2010, os boletins de ocorrência da Defesa Civil apontam para a área de interesse do PD/JF ZN, 412 notificações de um total de 1399, com predominância para ocorrência de inundações.

Visto tal situação, o plano de drenagem desenvolvido busca desenvolver mecanismos de gestão da infraestrutura urbana, relacionados com o escoamento das águas pluviais através de redes próprias, galerias, rios e córregos em áreas urbanas. Este planejamento pretende evitar perdas econômicas, melhorar as condições de saneamento básico e a qualidade do meio ambiente urbano, dentro de princípios econômicos, sociais e ambientais.

3.3 Programa utilizado: NVivo12

Realizou-se o presente estudo com uso do *software* NVivo12 versão Plus. O programa busca uma integralização entre arquivos de vários formatos (imagens, vídeos, entrevistas, áudios, leis e etc.) e idiomas. Ao se dispor de documentos de grande extensão de texto, o aplicativo possui ferramentas que auxilia na organização dos dados e temas apontados pelo utilizador como importantes para o estudo e possibilita uma análise qualitativa e quantitativa.

Ao separar os temas a serem analisados, o programa dispõe de uma funcionalidade que permite a separação deles em “nós”, por exemplo, o tema “escoamento superficial” é abordado em vários documentos e é interessante para a análise, então o utilizador pode criar um nó com esse nome. Dentro desse nó é feita

a inserção dos dados (textos, frases, áudios, sons) encontrados nos documentos da pesquisa como mostra a Figura 18.

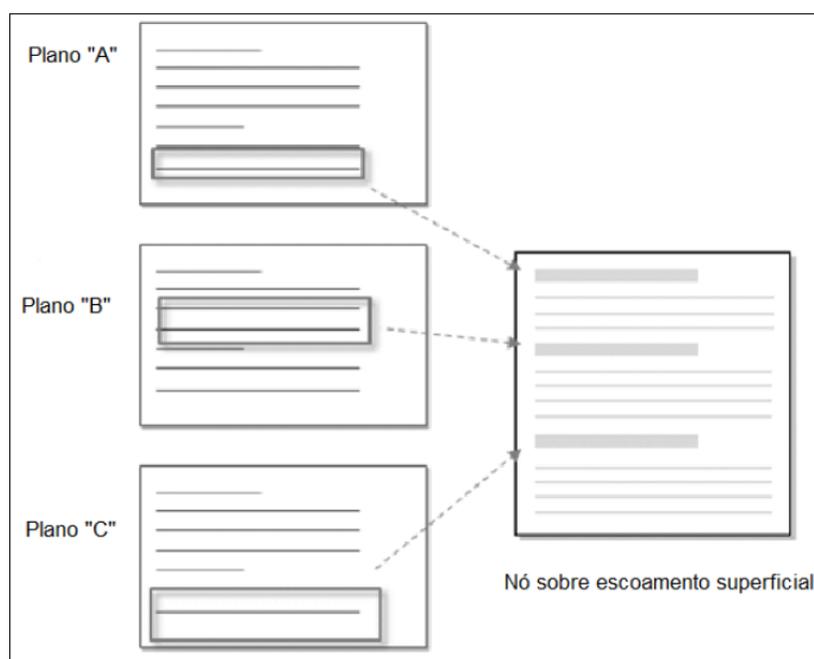


Figura 18 – Como organizar dados nos nós (ONEDA, 2018).

Esses nós, em uma análise quantitativa, por exemplo, é decodificado em porcentagem de abordagem do tema em todo o documento. Assim, o *software* possui ferramentas de apresentações em gráficos comparativos com porcentagem de cobertura para melhor interação dos resultados. Já em uma análise qualitativa, é possível visualizá-los de forma discriminada dentro da interface do programa, o que agiliza as pesquisas, uma vez que, seja preciso voltar ao documento para encontrar a parte que interessa, o programa já salva os dados como mostra a Figura 19.

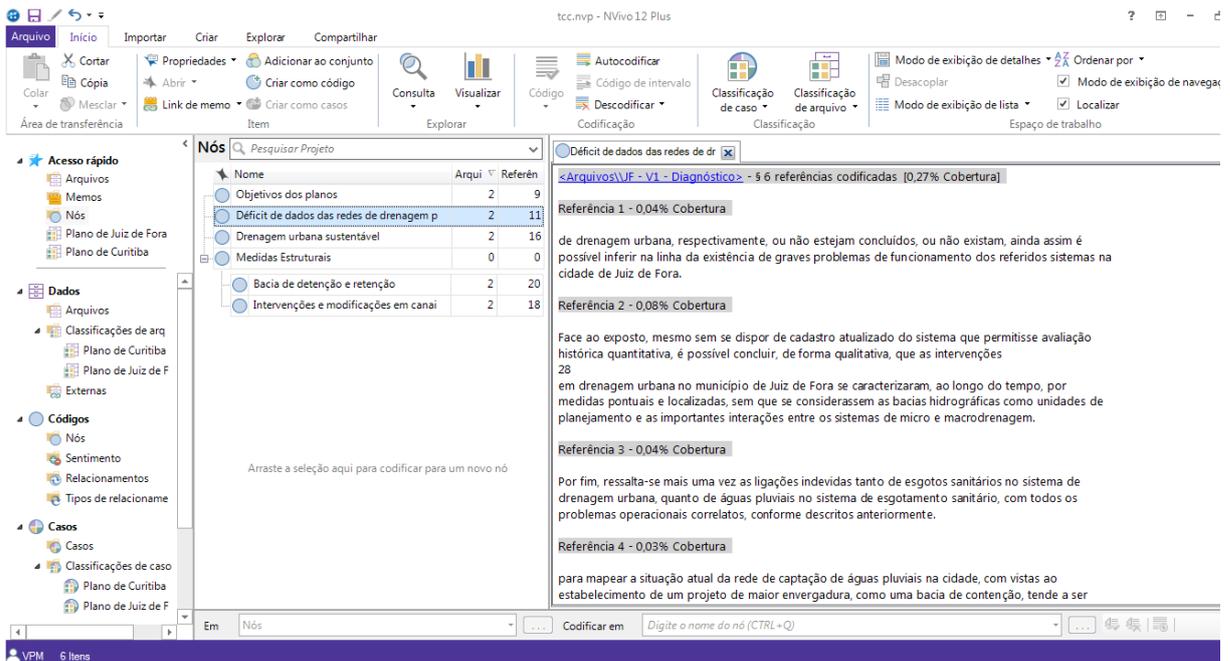


Figura 19 – Interface do programa NVivo12 Plus (AUTOR, 2019).

Neste trabalho foram selecionados 5 nós para conferência e discussão dos resultados. Estabeleceram-se os nós porque depois de feita a leitura flutuante, são os mais relevantes para o tema do trabalho em questão e por possuírem uma disparidade entre os planos e apresentarem maior semelhança, que são eles:

- 1) objetivos dos planos;
- 2) déficit de dados das redes de drenagem presente;
- 3) intervenções e modificações em canais;
- 4) bacia de detenção;
- 5) drenagem urbana sustentável.

O programa ainda oferece um instrumento chamado “Nuvem de Palavras”. É uma imagem – como mostrada na Figura 20 – gerada pelo *software* que mostra as palavras, de forma graduada, que mais aparecem nos textos analisados, ou seja, nos planos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos nós codificados no programa e das informações obtidas dos municípios, foi plausível construir uma tabela com dados básicos e relevantes para comparação das duas cidades analisadas e também de suas bacias hidrográficas relacionadas nos planos. Portanto, se encontra na Tabela 4 tal comparação.

Tabela 4 – Comparação entre municípios (AUTOR, 2019).

Município	Curitiba	Juiz de Fora
Característica		
Área do município (km²)	434,967 (Portal Prefeitura de Curitiba)	1.429,8 (PDDU)
População (habitantes)	1.917.185 (estimativa IBGE, 2018)	564.310 (estimativa IBGE, 2018)
Densidade demográfica (habitantes/km²)	4.408 aprox.	395 aprox.
Pluviosidade média anual	1.500 mm (Portal Prefeitura de Curitiba)	1.504 mm (climate-data.org)
Número de bacias e/ou sub-bacias analisadas	6 (Plano Diretor de Drenagem Urbana de Curitiba)	1 (Plano de Drenagem de Juiz de Fora – Zona Norte)

Nota-se veemente a diferença de área territorial entre os municípios envolvidos no presente estudo. Embora Juiz de Fora possua uma área quase 3 vezes maior que Curitiba, seu espaço urbano é bem limitado ao centro o que diminui bastante tal extensão. Além disso, sua população é bem menor que a de Curitiba, o que significa que Curitiba possui uma densidade demográfica (hab/km²) significativamente maior em comparação a Juiz de Fora. Isso é muito importante ao se tratar de drenagem urbana, pois o uso do solo está totalmente ligado aos impactos causados pelas inundações. Em relação a quantidade de habitantes, sendo Curitiba uma cidade

muito povoada, torna-se mais complexo a gestão/gerenciamento da drenagem urbana.

4.1 Objetivos dos planos

Os objetivos dos dois planos analisados se curvam ao mesmo interesse: planejar e gerir as águas pluviais precipitadas nas cidades de forma a limitar, reduzir e mitigar os impactos causados pelas enchentes e prevenir as cheias em meio urbano.

O plano de Curitiba foca em oferecer ferramentas e diretrizes técnicas e institucionais ao poder público e a sociedade, que permitam mitigar os impactos causados pelas enchentes no município. Busca ainda permitir ao município à integrar sua gestão atendendo os requisitos da Lei de Saneamento Básico. Visa mudar a concepção de gestão por crises para gestão por planejamento a fim de comprovar a inversão dos custos imprevistos para um plano de investimento, de viabilidade técnica, econômica e social resultando num amplo benefício da população (SMMA, 2017).

No volume II tomo 4, é acrescentado que o objetivo do PDDrU é estabelecer um planejamento das intervenções necessárias ao ordenamento da macro e micro drenagem urbana da cidade, a fim de garantir maior segurança aos moradores, ao patrimônio público e privado, quando em precipitações intensas e/ou prolongadas de forma a garantir o bem-estar e a saúde pública da população de Curitiba.

O objetivo do PD/JF ZN pretende, junto aos conceitos econômicos, ambientais e sociais estipulados pelo PDDU de Juiz de Fora, evitar perdas econômicas, alavancar as condições do saneamento básico e a qualidade do meio ambiente urbano (PMJF, 2011). Para que isso possa ser atingido, o plano dispõe dotar o município de mecanismos de gestão da infraestrutura urbana, relacionadas com o escoamento das águas por meio de redes, galerias, rios e córregos em áreas urbanas.

Junto ao descrito, o plano de drenagem de Juiz de Fora tem como missão viabilizar estudos e programas de investimento necessário para a gestão, proteção e recuperação das águas e para o desenvolvimento sustentável da bacia do rio

Paraíba do Sul (AGEVAP, 2011). Sua elaboração valida a participação no Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – CEIVAP, dando articulação em atividades e competências na área de gestão dos recursos hídricos em diversos níveis.

De acordo com Pinto e Pinheiro (2006), a função do PDDrU é agrupar as diretrizes que regem a gestão do sistema de drenagem em uma cidade. Para eles, ele deve ser o objeto orientador da gestão de águas pluviais urbanas no contexto do município, orientando intervenções na micro e macrodrenagem, encostas, cabeceiras e áreas de inundação.

Os principais itens de um Plano Diretor de Drenagem Urbana são o planejamento das obras e medidas não estruturais (legislação, zoneamento, etc.), a definição dos instrumentos de financiamento para sua implementação, a proposta da gestão da drenagem urbana dentro da estrutura municipal de administração, com definição de requisitos, atribuições e responsabilidades institucionais e o Manual de Drenagem, destinado a orientar o projeto de obras futuras (ABIKO e MORAES, 2009).

Dessa forma, os dois planos analisados estão dentro do evidenciado por Abiko e Moraes (2009) por portarem de Manual de Drenagem, atribuições institucionais, planejamento de obras e legislações. No entanto, não contemplam com instrumentos de financiamento. Ao comparar com o que foi exposto por Pinto e Pinheiro (2006), ambos objetivos dos planos estão de acordo com eles por proporem orientações de intervenções de drenagem em áreas de inundação.

A Figura 21 mostra, através de porcentagem, que o nó “Objetivo dos planos” foi mais bem exposto e abordado mais vezes no plano de Curitiba. Observa-se ainda que, em comparação ao plano de Juiz de Fora, o plano de Curitiba possui 50% do percentual do plano de Juiz de Fora a mais de abordagem.

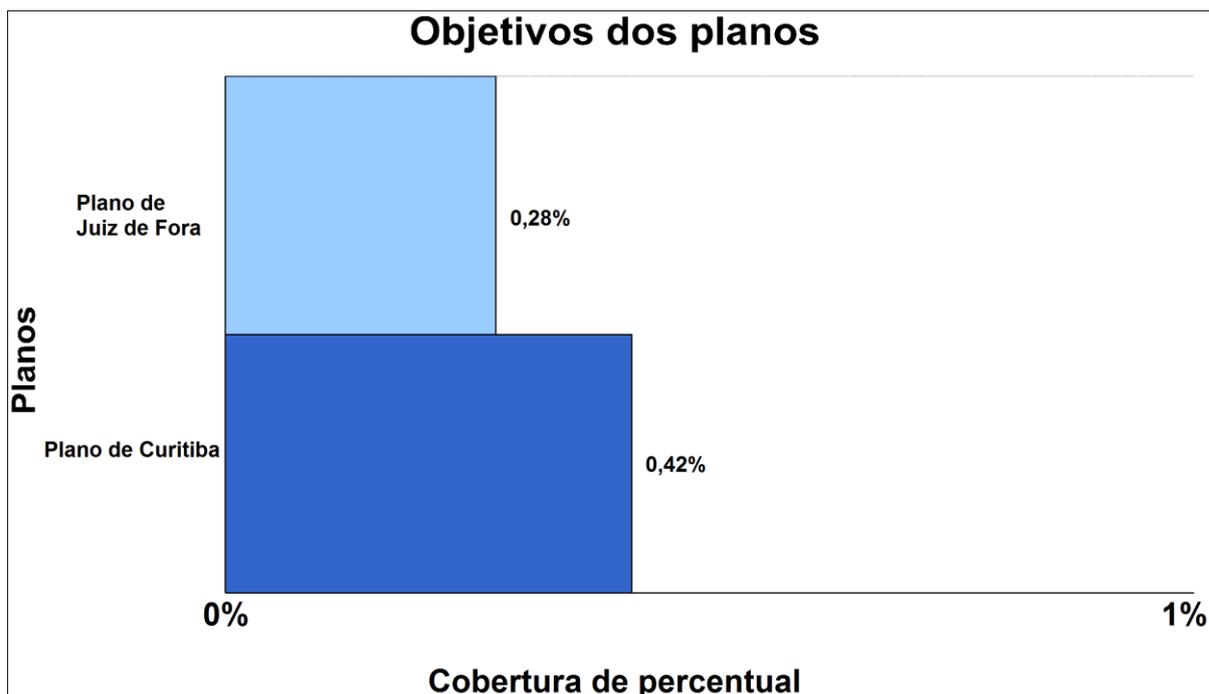


Figura 21 - Cobertura percentual dos itens codificados no nó Objetivos dos planos (Software NVivo12, adaptado pelo AUTOR, 2019).

Fonte: Software NVivo12 adaptado pelo autor (2019)

4.2 Déficit de dados das redes de drenagem presente

O plano de Curitiba apresenta, em grande maioria, a preocupação com as bacias inseridas na região metropolitana. Portanto, no quesito de caracterização e cadastramento dessas bacias, bem como medidas a serem desenvolvidas, é amplamente apresentado. Existe um volume dentro do PDDrU que retrata somente os dados de macrodrenagem, este, por sua vez, é de grande significância para diagnósticos de impactos e resolução deles no âmbito de macrodrenagem. No entanto, o documento apresenta ineficiência de cadastro e banco de dados das redes de drenagem/microdrenagem. Nele é possível identificar que há uma ameaça em várias áreas do município por terem cadastro incompleto de todas as galerias pluviais das vias do entorno, realizado pela Secretaria Municipal de Obras Públicas – SMOP. Ainda assim, o plano faz uma ressalva expondo que, é recomendado, para que as propostas sejam efetivas, que seria a implementação de programas complementares como cadastro no sistema de drenagem, que contemplaria o

levantamento planialtimétrico cadastral de faixas ao longo dos rios e o cadastro especial de canais fechados.

Da mesma forma que Curitiba, Juiz de Fora também apresenta falha com falta de dados das redes de drenagem existentes. O município não dispõe de cadastro atualizado do sistema de drenagem, bem como do sistema de esgotamento sanitário. Isso acaba por ter problemas com ligações indevidas entre as duas redes, causando contaminações e outros problemas de qualidade. O plano ainda refere que, no âmbito de atuação da Secretaria de Obras foi constatada a ausência de um cadastro das redes de captação de águas pluviais.

Conforme Cunha et al. (2009), para ter um diagnóstico apropriado da situação em que a drenagem urbana se encontra, é fundamental que os órgãos públicos dotem de um levantamento de dados. Os mesmos autores arrematam afirmando que essa catalogação de dados precisa ser detalhada, sendo assim necessário estudos em campo. Isso fica evidente em qualquer projeto, pois ao se portar de dados previamente levantados, as definições dos prognósticos e medidas a serem tomadas se tornam relativamente mais fáceis. Sendo assim, obtendo-se um conjunto consistente dos dados da rede de drenagem, prevenir e mitigar impactos de inundação e enchentes faz-se banal.

Ambos planos apresentam compreensão quanto ao déficit de cadastramento e levantamento de dados de suas respectivas cidades. As duas entendem que é realmente necessário um detalhamento prévio das redes existentes concordando com Cunha et al. (2009).

Demonstrada na Figura 22, Juiz de Fora se destaca em relação a codificação da inexistência e déficit, relatada no plano, de dados de redes de drenagem

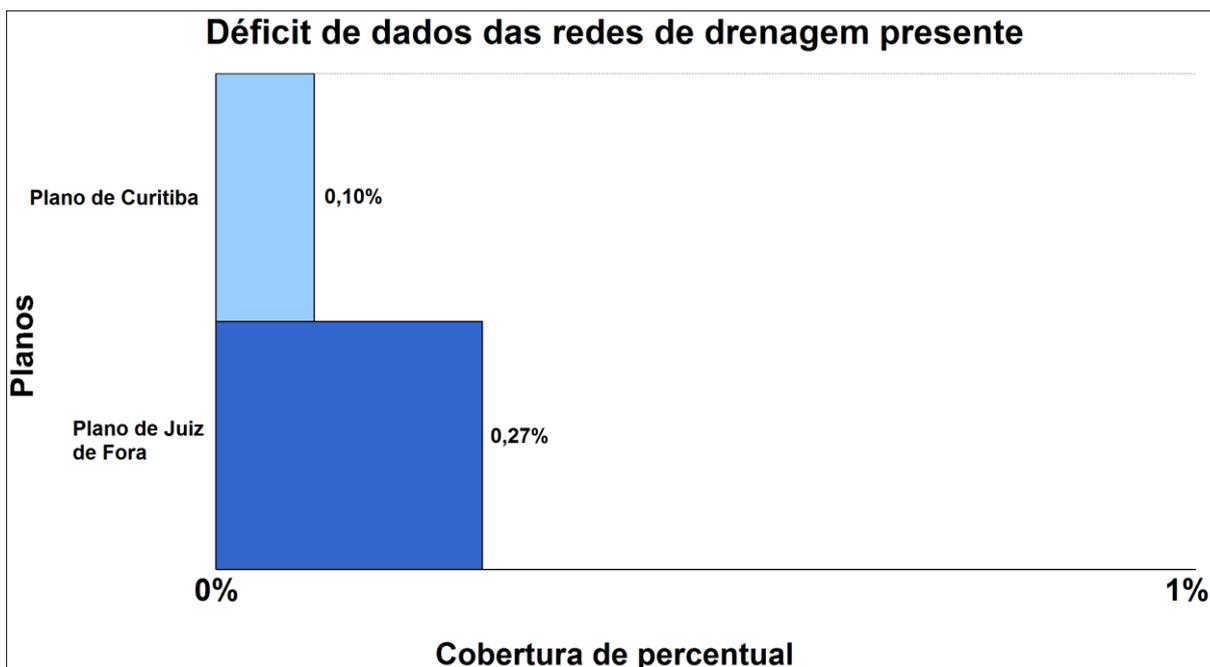


Figura 22 - Cobertura percentual dos itens codificados no nó Déficit de dados das redes de drenagem presente (Software NVivo12, adaptado pelo AUTOR, 2019).

4.3 Medidas estruturais

Dentro do nó de medidas estruturais, serão elencadas algumas das mais adotadas e propostas dentro dos planos em estudo. Ambos os planos propõem estruturas de macrodrenagem nas sub-bacias e bacias hidrográficas inseridas nos municípios. É enfatizado nos dois planos de drenagem que um dos princípios básicos é evitar medidas que transfiram as enchentes para jusante.

Dentro do Manual de Drenagem dos dois planos há explicações teóricas e práticas de como aplicar e implementar várias medidas estruturais atualmente conhecidas. Nele se encontram fundamentações teóricas de bibliografias e normas técnicas que visam instruir, futuramente, órgãos ou empresas que irão assumir a responsabilidade de implantar tais medidas.

4.3.1 Intervenções e modificações em canais

Esse nó foi codificado para todos os tipos de medidas que, de modo geral, se enquadram em medidas propostas no quesito obras nos canais, que são elas: alargamento do canal, regularização do curso d'água, perfilamento do traçado, dragagem do rio, escalonamento de fundo, conformação da calha e obras de modificações transversais.

No plano de Curitiba, o conjunto de propostas de intervenções nos canais é representado basicamente por alargamento de canal. Essas medidas, por sua vez, acabam proporcionando, simultaneamente, a formação de volumes de detenção, pois está previsto no plano que o volume escavado deverá ser disposto lateralmente, na forma de diques de terra, no limite da faixa de preservação.

No rio Atuba, está previsto o alargamento da calha em toda sua extensão no limite curitibano, da entrada do córrego cachoeira na calha principal até a foz, além de trechos do rio Bacacheri e do Córrego Marumbi, os cálculos contemplam as seções em taludes trapezoidais com revestimento natural e em canais retangulares de concreto. Além disso, os trechos com velocidades acima de 2,0 m/s estão previstas as obras transversais e escalonamento de fundo.

No rio Barigui, também está previsto o alargamento da calha, escalonamento de fundo e obras transversais em toda sua extensão do trecho caracterizado dentro da área estudada, do bairro Taboão atravessando toda a cidade até a foz no bairro da Caximba. Cabe ressaltar que, nesse rio está em fase de execução de obras de perfilamento do canal e alinhamento de fundo do Rio Barigui, com extensão de 22,00 km, no trecho compreendido entre os km 0,00 (foz com o Rio Iguaçu) e km 22,00 (Rua Dionira Moletta Klemtz), dentro do Município de Curitiba, concretizando parte das obras previstas neste plano diretor de drenagem. Para a bacia do rio Barigui está previsto somente o alargamento da calha com taludes naturais, pois as dimensões atuais estão próximas as dimensões de projeto.

Já na bacia do Ribeirão dos Padilhas, como sua calha encontra-se desocupada, a ampliação da mesma, neste trecho, pode ser executado na totalidade sem a necessidade de desapropriação o que a torna viável economicamente.

O alargamento do rio Passaúna visa aumentar a capacidade de escoamento do canal sem a necessidade de bacias de detenção ao longo do rio, pois o reservatório devido ao seu volume amortece os maiores picos de vazão previstos sem causar enchentes.

No plano de Juiz de Fora, poucas intervenções são voltadas para modificações dos canais. No entanto, o plano retrata várias intervenções de canalização, retificações do traçado e realocação do curso do rio Paraibuna que foram realizadas no passado objetivando, entre outros:

- (i) a defesa contra inundações no Vale do Rio Paraibuna;
- (ii) a recuperação de faixas inundáveis que foram destinadas à implantação de indústrias;
- (iii) a manutenção de uma descarga mínima no Rio Paraibuna na época de estiagem;
- (iv) a criação de uma reserva hídrica suficiente ao provimento do Complexo Siderúrgico, na época previsto para ser instalado na zona norte do município.

Quanto às ações propostas do plano dentro do presente nó, foram previstas intervenções de regularização e canalização para o Córrego Independência, que refluía independentemente das cheias do rio. Destaca-se também, intervenção com a medida de regularizar traçado do Córrego Igrejinha no bairro Igrejinha objetivando minimizar efeitos adversos de inundação no bairro.

Além das regularizações de traçado e canalizações dos rios, é ressaltado o trabalho de dragagem do rio Paraibuna em trechos estratégicos, na tentativa de amenizar os processos de assoreamento que vêm se agravando com o crescimento do município. Essa atividade é intensificada nos períodos de seca, de abril a setembro, fundamental para minimizar enchentes, por exemplo, no Bairro Industrial, na Região Norte do Município de Juiz de Fora.

Segundo Tucci (2005), as modificações na morfologia do rio visam aumentar a vazão para um mesmo nível, reduzindo a frequência de ocorrência de inundações. Isso pode ser obtido pelo aumento da seção transversal ou pelo aumento da

velocidade. O mesmo autor complementa dizendo que para aumentar a velocidade, é necessário reduzir a rugosidade, tirando obstruções ao escoamento, dragando o rio, aumentando a declividade pelo corte de meandros ou aprofundando o rio.

Os dois planos, quando propõem as medidas examinadas, estão de acordo com Tucci (2005) por visarem, através de modificações na morfologia do rio, a redução da frequência de inundações nas áreas de estudo. A Figura 23 mostra que o plano de Curitiba aborda quase 3 vezes mais tais medidas. Isso pode ser explicado pelo fato do município de Curitiba possuir mais sub-bacias e rios que drenam a cidade e ainda devido à abrangência do plano da cidade de Juiz de Fora englobar somente a Zona Norte como área de aplicação.

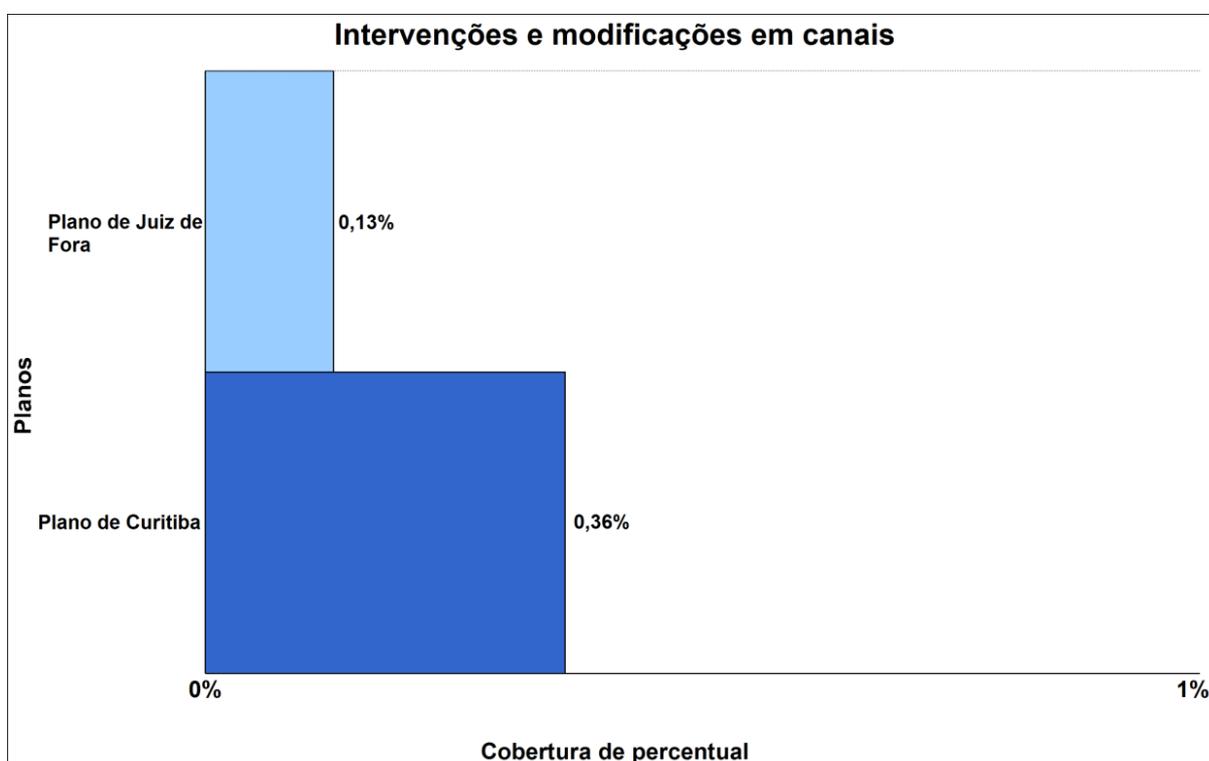


Figura 23 - Cobertura percentual dos itens codificados no nó Intervenções e modificações em canais (Software NVivo12, adaptado pelo AUTOR, 2019).

4.3.2 Bacia de retenção

O plano diretor de Curitiba está voltado para reduzir as enchentes, sem transferir os impactos à jusante, o que é basicamente a definição de um sistema de drenagem por retenção, para isto foi calculado os volumes de retenção concentrada e distribuída por trechos por unidade de bacia de drenagem. Para os trechos com transbordo devido à restrição de espaço, este será o indicador do uso de diques e bacias de retenção.

No entanto, para as bacias dos rios Atuba, Belém, Padilhas e Barigui que tangem as áreas do plano, é inviável a implantação de parques e bacias de retenção e retenção pela ausência de espaços livres e pelo custo das áreas existentes consolidadas. Nessas áreas a ocupação urbana é predominante, onde a densidade é alta, o que torna crítica a suscetibilidade à inundação. Mesmo sendo evidenciada essa inviabilidade devido ao custo elevado quanto às desapropriações, não são descartadas previsões e propostas para implantar as bacias de retenção, porém seriam medidas secundárias.

O plano de Juiz de Fora, evidencia várias implantações de bacias de retenção e infiltração. Essas medidas são propostas separadamente para cada bairro.

Para o córrego Igrejinha na altura do bairro Igrejinha, a meta é implantar uma bacia de retenção e infiltração a montante. A medida objetiva minimizar o efeito da inundação no bairro, uma área onde não há influência do Rio Paraibuna.

No mesmo córrego, para o bairro Benfica é proposto implantar uma bacia de retenção e infiltração na localidade denominada Caracol. Essa bacia de retenção depende da prévia implantação da bacia de retenção e da regularização do traçado do Córrego Igrejinha, na localidade de Igrejinha. Ainda como impedimento de sua implantação está o fato de que esta ação implica em desapropriações e na elaboração de projetos executivo, o que gera custos elevados.

Em outro córrego, denominado córrego Carlos Chagas, entre os bairros Monte Castelo e Cerâmica é tido como meta a implantação de outra bacia de retenção. Esta intervenção se justifica pelo traçado do córrego Carlos Chagas, o qual

atravessa o Bairro Monte Castelo causando inundações, não somente neste bairro como também no Bairro Cerâmica. Assim como para o bairro Igrejinha, esta ação implica em desapropriações e na elaboração de projetos executivo, o que gera custos elevados.

Para o córrego Humaitá, na altura do bairro Industrial, é apontada a implantação de duas bacias de retenção. Essa intervenção tenciona a minimizar os alagamentos e inundações no Bairro industrial, provenientes das águas dos Córregos Humaitá e Milho Branco (afluente do Córrego Humaitá). O Plano menciona que foi executado uma obra com instalação de rede de grande diâmetro, no entanto a água do Córrego Humaitá, em conjunto com as águas do Córrego Milho Branco e do Rio Paraibuna, continuam a alagar e a inundar áreas quando ocorrem precipitações com período de recorrência superiores a 2 anos.

Dessa forma, caso haja necessidade, pode-se estudar a implantação de uma terceira bacia de retenção e infiltração, desta vez subterrânea, no Bairro Industrial. Esta bacia de retenção deverá receber, por meio da rede de microdrenagem desta região, toda água por ela captada. Por ser subterrânea, o seu esgotamento deverá ser feito por bombeamento da água armazenada diretamente no Rio Paraibuna, porém por meio de rede cujo deságue se dê acima do nível de água máximo do mesmo.

Tomaz (2002) complementa que o “reservatório de retenção ou piscinão é um reservatório aberto ou fechado que tem por função regular a vazão de saída num valor desejado, de maneira a atenuar os efeitos a jusante da vazão de entrada”.

Todos os planos estão de acordo com Tomaz (2002) e com Tucci et al (1995) que afirmam que as bacias de retenção são reservatórios que visam, minimizar o impacto hidrológico da redução da capacidade de armazenamento natural da bacia hidrográfica, contribuindo bastante para redução das inundações urbanas.

De acordo com a Figura 24, o plano que teve a medida estrutural Bacia de Retenção mais codificado foi o da cidade de Juiz de Fora, o que condiz com a realidade encontrada nos planos. O plano de Curitiba propõe tal medida de maneira

sucinta, mas busca alternativas economicamente mais viáveis, enquanto o de Juiz de Fora mostra grandes evidências para implementação das bacias.

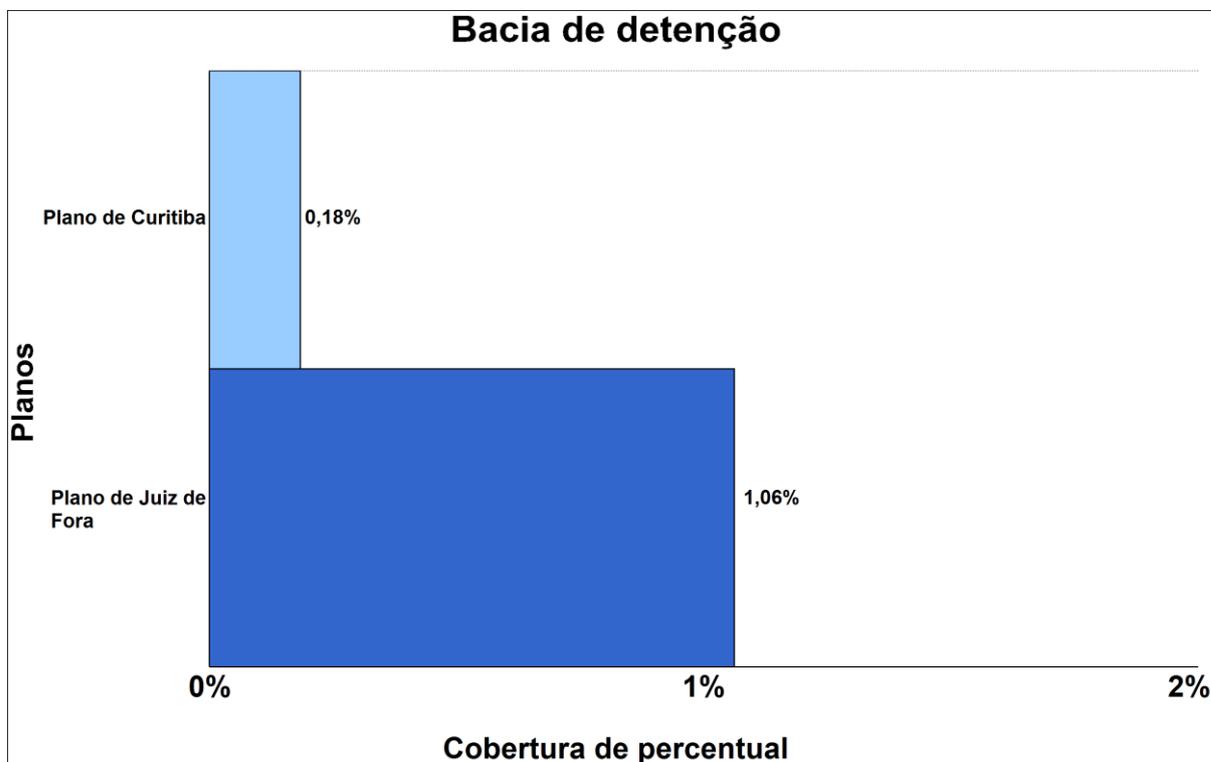


Figura 24 – Cobertura percentual codificado no nó Bacia de detenção (Software NVivo12, adaptado pelo AUTOR, 2019).

4.4 Drenagem urbana sustentável

No PDDrU de Curitiba a temática drenagem urbana sustentável é bem abordada. Estabelece, junto a componentes da legislação municipal e peculiaridades de cada local, normas e obrigações para sua aplicação. O controle de volume na fonte, a recuperação do volume de infiltração das áreas construídas e o controle do material sólido depositado na drenagem são os princípios básicos do desenvolvimento dessas ações, segundo retratado no plano.

Nele é destacado como principais pontos da legislação e instituição de medidas de controle de inundação:

- preservação das faixas de proteção da drenagem natural e urbana segundo o código florestal;

- torna obrigatório o plantio de árvores, arbustos e vegetações rasteiras, nas faixas não edificáveis de fundo de vales;
- criação de sistema de armazenamento em terraços (coberturas armazenantes);
- estruturação de coberturas constituídas por depósito de terra e por plantação de grama no topo das construções (coberturas verdes);
- idealização de dispositivos para coleta das águas de escoamento (trincheiras de infiltração e retenção);
- obra visando modelar o terreno para dar-lhe uma forma de leito, geralmente de formas suaves e harmônicas para uma melhor integração na paisagem urbana (valas de retenção);
- sistema hidráulico de reaproveitamento de águas pluviais em edificações comerciais e residenciais;
- estabelecimento de plano de poda de árvores para evitar que materiais orgânicos impeçam o correto funcionamento do sistema drenante, em concordância com a secretaria de meio ambiente.

O plano da cidade de Juiz de Fora pouco aborda a drenagem urbana sustentável. É somente tratado superficialmente e aplicado no sentido de desenvolvimento sustentável de novos empreendimentos.

É apresentado como propostas as seguintes medidas:

- desconexão das calhas de telhado para superfícies permeáveis com drenagem;
- aplicação de pavimentos permeáveis (blocos vazados com preenchimento de areia ou grama, asfalto poroso, concreto poroso);
- aplicação de trincheiras de infiltração;
- revegetação de áreas degradadas pela agropecuária;
- fiscalização da implantação de novos parcelamentos do solo na região;
- recuperação da cobertura vegetal objetivando controlar processos erosivos gerados pelo escoamento superficial das águas pluviais nas

bacias hidrográficas da Zona Norte do município, por meio da reativação do convênio entre a PMJF e o Instituto Estadual de Florestas (IEF).

Existe uma consciência crescente de que os sistemas de drenagem urbana sustentável podem oferecer uma opção mais sustentável para o gerenciamento do escoamento das águas pluviais do que os sistemas convencionais de drenagem (ABBOTT e COMINO-MATEOS, 2007). De acordo com Miguez et al. (2014), um elemento fundamental para o controle de inundações é a integração de soluções de drenagem com o desenvolvimento urbano, de forma sistêmica e considerando a escala da bacia como referência de planejamento e projeto.

É possível considerar que os dois planos estão de acordo com os autores supracitados. Primeiro por se preocuparem com a questão sustentável de gestão das águas pluviais como retrata Abbot e Comino-Mateos (2007) e segundo por proporem medidas em edificações já existentes e também para futuros empreendimentos como enfatiza Miguez et al. (2014).

Dessa forma, analisando os resultados expostos anteriormente, percebe-se notoriamente que o plano de Curitiba aborda mais soluções e informações sobre o tema drenagem urbana sustentável. Isso é verificado também na Figura 25.

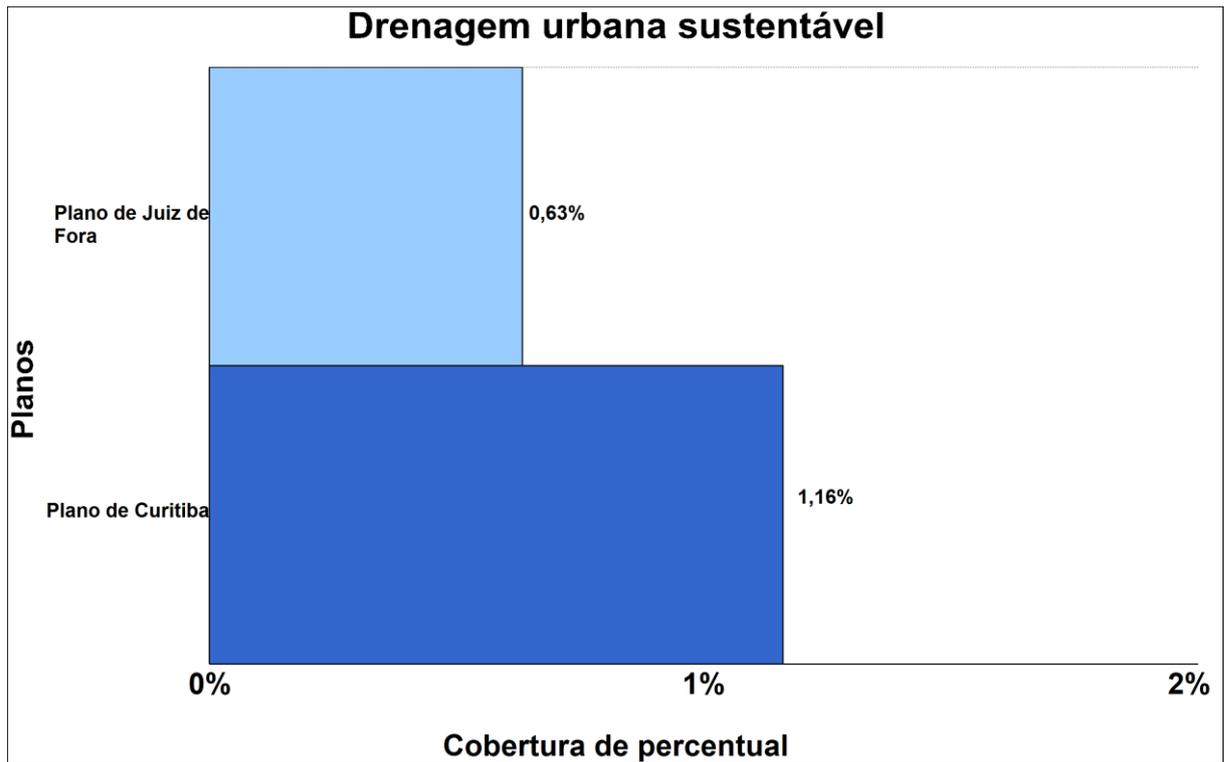


Figura 25 - Cobertura percentual codificado no nó Drenagem urbana sustentável (Software NVivo12, adaptado pelo AUTOR, 2019).

5 CONCLUSÃO

Verificado os resultados, certifica-se que os objetivos aspirados foram atingidos de maneira geral. Uma vez que o principal objetivo do trabalho foi alcançado por meio da utilização do *software* de análises de dados NVivo e a partir de leituras superficiais dos documentos em estudo. Apesar das variadas vantagens e recursos oferecidos pelo programa, ele contém algumas restrições. Em primeiro lugar, o processo de introdução e codificação dos dados é demorado. Ademais, ainda que se utilize o *software*, grande parte da pesquisa é feita pelo próprio pesquisador e não pelo programa. Percebe-se então que é fundamental entender que o *software* NVivo é um instrumento que serve como ajuda nas pesquisas, mas certamente não resolverá todos os impasses. Para tanto, o escopo da pesquisa deve estar bem estruturado antes de iniciar o processo de análise para evitar a perda de tempo excessiva com materiais simples.

Quanto aos objetos de análise, esta pesquisa buscou fazer um comparativo qualitativo e quantitativo entre o Plano Diretor de Drenagem Urbana de Curitiba e o Plano de Drenagem de Juiz de Fora. Na análise foi possível notar a diferença de quantidade e consistência de dados, instruções e mecanismos abordados para a elaboração dos planos. Percebeu-se também uma grande dessemelhança quanto à qualidade entre os planos sendo possível identificar pontos negativos e positivos.

Nota-se que o plano de Curitiba, mesmo com a falta de investimento existente no setor, merece destaque ao elaborar um documento com tantas informações de grande pertinência para o avanço em prevenção de cheias. É possível concluir, após estudo integral do plano, que o mesmo enfatiza a macrodrenagem e busca propor medidas de intervenção nas bacias inseridas na região metropolitana de Curitiba, sem dar muita importância a microdrenagem de forma apropriada, enquanto seria bem interessante abordá-las em conjunto.

O plano de drenagem de Juiz de Fora é realmente aquém de informações quando comparado com o de Curitiba. O PD/JF ZN engloba apenas a Zona Norte do município. Com isso, constatou-se a grande diferença entre os planos. O tamanho da área de interesse é bem menor e os documentos que compõem o plano também

possuem um baixo teor de dados, tanto institucional quanto de concepções gerenciais.

Em relação às medidas estruturais, um dos objetivos específicos do presente trabalho, pôde-se verificar que o plano de Curitiba foca, em sua maioria, nas propostas de intervenções em canais como forma de redução dos impactos gerados pelas inundações. Alargamento dos rios e escalonamento de fundo são as duas obras estruturais mais sugeridas como forma de aumentar o escoamento dos canais. Esse aumento também é comprovado ao optar por obras transversais e revestimento de concreto em alguns trechos dos rios de várias bacias inseridas. Em contrapartida, de forma um pouco contraditória, o plano visa não gerar impactos a jusante, o que sugere a detenção das águas na maior parte do tempo. Devido a grande urbanização e a densidade de moradias, torna-se inviável a implantação de tais bacias de detenção, o que justifica a maior abordagem de medidas como as mudanças morfológicas nos canais e abordagem sucinta em relação a bacias de detenção, sendo essas propostas secundárias.

Embora o plano de Juiz de Fora também propusesse medidas de modificações em canais, como regularização do traçado e retificações, foi possível concluir que ele evidencia e retrata mais as medidas de detenção. O fato de possuir pouco enfoque nas modificações dos canais pode ser observado pelo histórico de conclusão de várias obras de mudança do traçado e realocação do curso d'água, mesmo antes do plano ser elaborado. Em relação a medidas de detenção, em quase toda totalidade de suas propostas, entram como solução a implementação de bacias de detenção/retenção nos córregos que abrangem a Zona Norte do município objetivando minimizar as inundações nos bairros.

É plausível observar que ambos os planos buscam solucionar problemas aplicando medidas em áreas densamente habitadas o que acabam por limitar as vias disponíveis para resolver o problema ou até mesmo as inviabilizam devido ao elevado custo de desapropriações. Portanto, em empreendimentos futuros, por meio de legislação municipal, por exemplo, torna-se mais simples designar medidas não-estruturais.

Conclui-se ainda, que os dois planos possuem ponto negativo no quesito de pré-elaboração dos documentos. É entendido de forma evidente e também recomendado na literatura bibliográfica que, para elaborar um plano eficiente e apropriado é necessário um prévio levantamento de dados das áreas a serem trabalhadas para se dotar de informações importantes para um possível prognóstico. Ambos os planos abordam um estudo falho quanto ao porte de cadastramento das redes existentes nos municípios. Mesmo sendo tomado como ponto negativo, pode ser considerado que a preocupação quanto a tal erro é reconhecida pelos autores dos planos uma vez que existem relatos da falha nos documentos, como mostra o gráfico da Figura 22 gerado pela codificação “Déficit de dados das redes de drenagem presentes”. Embora seja relatada e reconhecida a falha, é necessário que os órgãos responsáveis pelo setor busquem uma reformulação do plano utilizando dados atualizados frequentemente.

Em relação à drenagem urbana sustentável, o plano de Curitiba possui amplo conhecimento sobre e está bem a frente das questões de desenvolvimento sustentável que o plano de Juiz de Fora devido a sua preocupação histórica com opções turísticas e parques inseridos a muitos anos dentro da cidade. Embora os dois planos abordem o tema, eles se encontram em fase de implementação, é aceitável afirmar que muito ainda deve ser desenvolvido para a efetividade das ações no âmbito SUDS. Os setores dos meios interessados devem propor legislações eficazes além de se ter uma mudança de paradigma dos projetistas e técnicos envolvidos. A conscientização coletiva em geral é fundamental. Tendo início antes mesmo, na educação primária e até em instrução a comunidade inteira, para que todos contribuam para harmonização do meio urbano com as cheias que possam eventualmente acontecer.

5.1 Sugestões para Trabalhos Futuros

Como sugestão para trabalhos futuros, percebe-se que há um vasto horizonte a ser explorado em relação à drenagem urbana brasileira. No Brasil, os planos estão focados em práticas com ações estruturais e essas, na maioria das vezes, se tornam inviáveis economicamente ou territorialmente por se tratarem de grandes obras.

Esse cenário é decorrência da deficiente estrutura institucional dos países em desenvolvimento, que gerenciam de forma inadequada uma complexa área intersetorial da sociedade moderna. Por outro lado, as medidas não estruturais sozinhas não apresentam muita eficácia. Com isso, observa-se um importante ponto de exploração, buscando entender a razão de contínuas inundações urbanas mesmo dotando-se de um instrumento de drenagem urbana altamente bem elaborado.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, C. L.; COMINO-MATEOS, L. ***In-Situ Hydraulic Performance of a Permeable Pavement Sustainable Urban Drainage System***. Publicado online em 2007. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1747-6593.2003.tb00460.x>. Acesso em: maio de 2019.

ABIKO, A., MORAES, O. B. **Desenvolvimento Urbano Sustentável**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo: 2009. Disponível em: http://www.pcc.poli.usp.br/files/text/publications/TT_00029.pdf. Acesso em: maio de 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). **Estudos Auxiliares para a Gestão do Risco e Inundações**. Bacia do Rio Paraíba do Sul. S.d. Ministério do Meio Ambiente.

AGEVAP. **Plano de Drenagem de Juiz de Fora**. Parte 1 – Zona Norte (PD/JF ZN). Volume 1 – Diagnóstico. 2011. 193p.

AGRA, S.G. **Estudo Experimental de Microreservatórios para Controle do escoamento Superficial**. 2001. 122 p. Dissertação de mestrado. UFGRS

AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. **Inundação e Enchentes**. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres Naturais: Conhecer para Prevenir**. 2 ed. São Paulo: Instituto Geológico. 2012. cap. 3. p. 39-52.

Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. Notícia de 15/03/2012. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/noticia/?id=285702>. Acesso em: março de 2019.

BARBOSA, Francisco de Assis dos Reis. **Medidas de Proteção e Controle de Inundações Urbanas na Bacia do Rio Mamanguape/PB**. 2006. 115 f. Dissertação (Mestrado em Urbanismo) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. Disponível em: <<http://tede.biblioteca.ufpb.br:8080/handle/tede/5490>> Acesso em: jun. 2018.

CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

CESAMA. **Rio Paraibuna**. Disponível em: <http://www.cesama.com.br/pesquisa-escolar/rio-paraibuna>. Acesso em: março de 2019.

COBRADE. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres**. 2017 Disponível em: <http://www.defesacivil.pr.gov.br/arquivos/File/Cobrade_comsimbologia.pdf>. Acesso em: out. 2018.

COSTA, J.; ALEANDRI; G. A.; POLETO, C. **Experimental Studies of Green Roofs Systems as Part of Sustainable Urban Watershed in order to Minimize The Problems of Flooding**. In: 12nd International Conference on Urban Drainage, Porto Alegre/Brazil. 2011.

COSTA, L. **Espaços Verdes sobre Cobertura - Uma Abordagem Estética e Ética**. Dissertação (Mestrado). Universidade Técnica de Lisboa, 2010.

CUNHA, J. L. X. L.; ALBUQUERQUE, A. W.; SILVA, C. A.; ARAÚJO, E. SANTOS JUNIOR, R. B. **Velocidade de Infiltração da Água em um Latossolo Amarelo Submetido ao Sistema de Manejo Plantio Direto**. Revista Caatinga (Mossoró, Brasil), v.22, n.1, p.199-205. 2009.

ENOMOTO, C. F. **Estudo de Medidas Não-Estruturais para Controle de Inundações Urbanas**. Publicatio UEPG: Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR. v. 6, n. 1, p. 69-90, 2000. Disponível em: <<http://www.revistas2.uepg.br/index.php/exatas/article/view/747/664>> Acesso em: out. 2018.

FAISAL, I. M.; KABIR M. R.; NISHAT A. (1999), **Non-Structural Flood Mitigation Measures for Dhaka City**. Urban Water. Volume 1, Issue 2, page 112.

FILHO, K. Z.; MARTINS, J. R. S.; PORTO, M. F. A. Coleção Águas Urbanas - Fascículo 5: **Medidas de Armazenamento Artificial e Facilitadores de Infiltração para Controle de Inundações Urbanas**. 2012. 22p. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

GOERL, R. F.; KOBAYAMA, M. **Considerações Sobre as Inundações no Brasil**. Labhidro da Universidade Federal de Santa Catarina. 2005. Disponível em: http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/ABRH2005_inundacoes.pdf. Acesso em: jan. 2019.

Guia Geográfico Curitiba. S.d. Disponível em: <http://www.curitiba-parana.net/mapas/mapa-interativo.htm>. Acesso em: abril de 2019.

G1. **Globo Notícias**. 2015 Disponível em: <http://g1.globo.com/espirito-santo/noticia/2015/12/vitoria-inaugura-sistema-de-macrodrenagem-em-maruipe.html>. Acesso em: maio de 2019.

IBGE, **Estimativas de População Publicadas no DOU**. Tabelas – 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados> Acesso em: maio de 2019

IBGE, **População Em Áreas de Risco no Brasil**. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/apps/populacaoareasderisco>> Acesso em: jul. 2018.

IBGE, **Território e Ambiente**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/curitiba/panorama>. Acesso em: abril de 2019.

IMPULCETTO, B. **Controle de Cheias Através de Medidas Estruturais**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia). Anhaguera – Leme/São Paulo. 2017.

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS (IPH). **Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre**, 1ª fase. UFGRS. Departamento de Esgotos Pluviais da PMPA. 2001.

LOHMANN, M. **Análise dos Alagamentos no Município de Curitiba entre os Anos de 2005 a 2010**. 2013. Disponível em: http://www.agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXVII_1/agb_xvii1_versao_internet/agb_11_jandez2013.pdf. Acesso em: maio de 2019.

LOURENÇO, R. **Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentáveis**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade de Coimbra. 2014.

MACHADO, O. J.; POLEZA, M. M. **Medidas Estruturais E Não Estruturais Implementadas Para Minimizar Impactos Com As Inundações No Município De Taió**. Artigo publicado pelo Centro Universitário para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí (UNIDAVI). 2017. Disponível em: <http://www.uniedu.sed.sc.gov.br/wp-content/uploads/2017/09/Orli-Jos%C3%A9-Machado.pdf>. Acesso em: out. 2018.

MARCELINO, E. V. **Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos Básicos**. Ministério da Ciência e Tecnologia - INPE. 2008. 40 p. Disponível em: <http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.02.16.22/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: out. 2018.

MARQUES, D. da M.; TUCCI C. E. M. **Avaliação e Controle da Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Ed. ABRH, V.2. 548p. 2001.

MARTINS, P. A. G.; MORETTI, R. S. **Estudo Parcial dos Reservatórios de Contenção na Bacia do Cabuçu de Baixo da Região Metropolitana de São Paulo**. (s.d.). 10p.

MIGUEZ, M. G.; REZENDE, O. M.; VERÓL, A. P. **City Growth and Urban Drainage Alternatives: Sustainability Challenge**. Publicado online em 2014. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/%28ASCE%29UP.1943-5444.0000219>. Acesso em: maio de 2019.

MINISTÉRIO DAS CIDADES, **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margens de Rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. 176 p. 2007.

NASCIMENTO, N. O. **Curso: Tecnologias Alternativas em Drenagem Urbana**. Escola de Engenharia – UFMG. 1996.

ONEDA, T. M. S. **Planos Diretores de Drenagem Urbana: Uma Análise Comparativa Entre Planos Diretores de Países Desenvolvidos e em Desenvolvimento**. Joinville, 2018. 135 p.

PMSP; FCTH. **Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo**. Prefeitura Municipal de São Paulo, Fundação Centro

Tecnológico de Hidráulica. São Paulo, 1999. Disponível em: <http://www.fau.usp.br/docentes/deptecnologia/r_toledo/3textos/07drenag/dren-sp.pdf> Acesso em: jul. 2018.

PINTO, L. H., PINHEIRO, S. A. **Orientações Básicas para Drenagem Urbana**. Publicação da Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais. Belo Horizonte, FEAM: 2006.

POLETO, C.; AGOSTINHO, M. S. P. **Sistemas Sustentáveis De Drenagem Urbana: Dispositivos**. Holos Environment. Rio Claro, SP, Brasil. 2012. Disponível em: <<https://www.cea-unesp.org.br/holos/article/download/3054/4903>> Acesso em: abril 2019.

POLETO, C.; TASSI, R. **Sustainable Urban Drainage Systems**. In: **Drainage Systems**. INTECH, p. 185, 2011. p. 81-113.

PORTAL DA PREFEITURA DE CURITIBA (PPC). Disponível em: <https://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/obras-de-contencao-de-cheias-em-curitiba-somam-r-151-milhoes/38999>. 2016. Acesso em: março 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JUIZ DE FORA (PMJF). **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano**. Juiz de Fora: FUNALFA Edições, 2004, 394p.

REIS, R. P. A.; OLIVEIRA, L. H.; SALES, M. M. **Sistema de Drenagem na Fonte por Poços de Infiltração de Águas Pluviais**. Ambiente construído, v.7, n.2, p. 99-117. 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/L_Oliveira3/publication/237504827_Sistemas_d_e_drenagem_na_fonte_por_pocos_de_infiltracao_de_aguas_pluviais/links/54f705230cf210398e9080f8/Sistemas-de-drenagem-na-fonte-por-pocos-de-infiltracao-deaguas-pluviais.pdf. Acesso em: abril de 2019.

SALAMUNI, E.; FIORI, A. P. **Geologia de Curitiba e Arredores**. S.d. Disponível em: http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/8/86/TC_029_-_cap2.pdf. Acesso em: maio de 2019.

SCHUELER, T. R. **Controlling Urban Runoff: A practical Manual for Planning and Designing Urban BMPs**. 1987.

SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. PDDU – Curitiba. 2017. Disponível em: <http://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/plano-municipal-de-saneamento-basico/2958>.

Acesso em: maio de 2018.

SILVA, A. C.; Z AidAN, R. T. **Bacia Hidrográfica Do Rio Paraibuna: O Zoneamento do Uso e Cobertura Da Terra por Imagens de Satélite como Subsídio para o Planejamento e a Gestão de Recursos**. Fórum Ambiental da Alta Paulista. ANAP. Volume IV. 2010.

SIMONS, D. B. et al. **Flood Flows, Stages and Damages**. Fort Collins: Colorado State University. 1977.

SOUZA, V. C. B., GOLDENFUM, J. A. In: TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. M. **Avaliação e Controle da Drenagem Urbana**. Porto Alegre. UFRGS; 2000. 2v., 1100 p.

SOUZA, V. C. B. **Estudo Experimental de Trincheiras de Infiltração no Controle de Geração do Escoamento Superficial**. Tese de doutorado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 2002. 137p.

TOMAZ, P. **Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos para Obras Municipais**. São Paulo. Editora Navegar. 2002. P. 475.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da Drenagem Urbana**. Texto para discussão CEPAL-IPEA, 2012. 50p.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Ministério das Cidades – Global Water Partnership - World Bank – Unesco, 2005. 270p.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia (Ciência e Aplicação)**. ABRH. 943p. 1993.

TUCCI, C. E. M. **Águas Urbanas**. In: TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: ABRH. 150p. 2003.

TUCCI, C. E. M. **Inundações e Drenagem Urbana** In: TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: ABRH. 150p. 2003.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L.; DE BARROS, M. T. **Drenagem Urbana**. Coleção ABRH de recursos hídricos. 428p. 1995.

VILLELLA, S. M., MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo. Editora McGraw Hill do Brasil. 245p. 1975.

VILLANUEVA, A. O. N. et al. **Gestão da Drenagem Urbana, da Formulação à Implementação**. Revista de Gestão de Água da América Latina – REGA – Vol. 8, no. 1, p. 5-18, jan./jun. 2011. Disponível em: <http://rhama.com.br/blog/wpcontent/uploads/2017/04/gestadodrenagemrega.pdf>
Acesso em: abril de 2019.