

**FACULDADE PATOS DE MINAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ANA GABRIELA MOREIRA SOUZA
FERNANDO SILVA
MELINA NAYA BRÁS ALMEIDA GUIMARÃES**

**Estudo de caso sobre a drenagem urbana da
microbacia do Córrego do Monjolo em Patos de
Minas – MG**

PATOS DE MINAS

2019

**ANA GABRIELA MOREIRA SOUZA
FERNANDO SILVA
MELINA NAYA BRÁS ALMEIDA GUIMARÃES**

**Estudo de caso sobre a drenagem urbana da
microbacia do Córrego do Monjolo em Patos de
Minas – MG**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade Patos de Minas
como requisito para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Raquel Resende
Rocha

PATOS DE MINAS

2019

FACULDADE PATOS DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
Curso de Bacharelado em Engenharia Civil

**ANA GABRIELA MOREIRA SOUZA
FERNANDO SILVA
MELINA NAYA BRÁS ALMEIDA GUIMARÃES**

**Estudo de caso sobre a drenagem urbana da microbacia do
Córrego do Monjolo em Patos de Minas – MG**

Banca Examinadora do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, composta em
21 de maio de 2019.
Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela comissão examinadora constituída
pelos professores:

Orientador: Prof. Esp. Raquel Resende Rocha
Faculdade Patos de Minas

Examinador: Prof. Me. Helenize Maria de Rezende Lima
Faculdade Patos de Minas

Examinador: Prof. Dr. Saulo Gonçalves Pereira
Faculdade Patos de Minas

AGRADECIMENTOS

Agradecemos às nossas famílias, à nossa professora de TCC Nayara Franciele Lima por todos os esclarecimentos e orientações prestadas. Agradecemos à banca examinadora por aceitar avaliar nosso trabalho, à professora Raquel Resende Rocha que nos orientou e não mediu esforços para nos ajudar e compartilhou sua sabedoria com destreza, e ao professor Saulo Gonçalves Pereira pela colaboração, incentivo e conhecimentos. Agradecemos à professora e coordenadora do curso de Engenharia Civil Helenize Maria de Rezende Lima, ao Arquiteto e Urbanista Marcelo Ferreira Rodrigues em nome da Secretaria de Planejamento de Patos de Minas pelos dados e materiais disponibilizados, à amiga Ernestina Maria de Abreu pelo auxílio na obtenção dos dados de campo, e ao Sr. Willer Luís Lopes pelas imagens aéreas.

RESUMO

A explosão demográfica e o crescimento desordenado das cidades geram impactos negativos ao meio ambiente e à infraestrutura urbana. O aumento no grau de impermeabilização do solo provoca alterações no escoamento superficial ocasionando: sinistros como enchentes, inundações e alagamentos; piora na qualidade da água; e perdas humanas e econômicas. Em Patos de Minas, assim como em várias cidades brasileiras, existem várzeas propensas à inundações e alagamentos. Sendo que a maioria destas adota como princípio básico o escoamento das águas pluviais o mais rápido possível para jusante, o que somente transfere o problema de inundações para outro local. Com o intuito de analisar os problemas de drenagem no baixo curso do Córrego do Monjolo, através do método quali-quantitativo, verificou-se que o aumento da área urbanizada na microbacia hidrográfica (60,4% da área remanescente anterior) e a canalização do Córrego da Caixa D'água (terminada em 2014) contribuíram significativamente para o agravamento da situação nesse local. Ou seja, a ineficiência do sistema de drenagem da microbacia aliada ao excesso de impermeabilização do solo decorrente do processo de urbanização são determinantes para a recorrência de inundações ao longo do leito do Córrego do Monjolo. A partir da análise dessa situação e de estudos na área de drenagem urbana constatou-se a necessidade de tomada de medidas com objetivo de atrasar o pico do hidrograma de escoamento superficial e possibilitar a infiltração da água no solo, como a instalação de bacias de retenção e/ou detenção, armazenamento das águas pluviais no lote, utilização de pavimentos permeáveis e revitalização da microbacia hidrográfica do Córrego do Monjolo.

Palavras-chave: drenagem urbana, gestão de drenagem, urbanização, inundações.

ABSTRACT

The demographic explosion and the disordered growth of cities create negative impacts on the environment and urban infrastructure. The increase in the degree of soil sealing provokes changes in the surface runoff causing: damages in nature such as floods; worsening in the water quality; and economic and human losses. In Patos de Minas, as well as in other Brazilian cities, there are several areas prone to flood. Since most of these adopt as a basic principle the disposal of rainwater as soon as possible to downstream, which only ends up transferring the flooding problem to another location. In order to analyze the drainage problems in the lower course of Monjolo Stream, through the qualitative-quantitative method, it was verified that the increase of the urbanized area in the hydrographic microbasin (60,4% of the previous remaining area) and the piping of one of the Caixa D'água Stream (ended in 2014), contributed significantly to the worsening of the point's situation. In other words, the inefficiency of the drainage system of the microbasin in together with the excess of waterproofing of the soil due to the urbanization process are determinant for the recurrence of floods along the bed of the Monjolo Stream. From that analysis and the studies in the field of urban drainage, it's been observed the need of taking action in order to delay the runoff of the hydrograph's peak and allow water to infiltrate the soil, with measures such as: installment of retention/detention basins, storage of rain water in the plot, use of permeable surface and revitalization of the watershed of the Monjolo Stream.

Keywords: urban drainage, drainage management, urbanization, flood.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Bacia hidrográfica urbana.....	13
Figura 02 – Alterações no ciclo hidrológico decorrentes da urbanização.....	13
Figura 03 – Consequências da urbanização no balanço hídrico	15
Figura 04 – Ciclo hidrológico.....	16
Figura 05 – Percentual da população urbana na população total, segundo as grandes regiões – 2010.....	17
Figura 06 – Perfil esquemático de enchente, inundação e alagamento	20
Figura 07 – Boca de lobo	22
Figura 08 – Dissipador de energia	23
Figura 09 – Pavimento permeável.....	24
Figura 10 – Pavimento semipermeável	24
Figura 11 – Reservatório de detenção	25
Figura 12 – Reservatório de retenção	25
Figura 13 – Vala de infiltração.....	26
Figura 14 – Trincheira de infiltração	26
Figura 15 – Faixas gramadas ou arborizadas	27
Figura 16 – Canteiro pluvial.....	27
Figura 17 – Telhado verde	28
Figura 18 – Canalização e retificação de cursos d'água	29
Figura 19 – Córrego do Monjolo antes da construção da avenida Fátima Porto, por volta de 1980.....	31
Figura 20 – Prolongamento da avenida Fátima Porto	32
Figura 21 – Microbacia do Córrego do Monjolo.....	34
Figura 22 – Nascente do Córrego do Monjolo.....	34
Figura 23 – Canalização do Córrego do Monjolo	35
Figura 24 – Reservatório de retenção	35
Figura 25 – Desembocadura do Córrego da Caixa D'água – Córrego do Monjolo ...	36
Figura 26 – Elementos de microdrenagem.....	36
Figura 27 – Canalização na avenida Ivan Borges Porto.....	37

Figura 28 – Ponto de estrangulamento – cruzamento entre as avenidas Fátima Porto e Piauí	37
Figura 29 – Baixo curso do Córrego do Monjolo	38
Figura 30 – Cruzamento entre as avenidas Fátima Porto e Piauí	38
Figura 31 – Inundação provocada pela chuva em 29/10/18.....	39
Figura 32 – Processo de urbanização no entorno do baixo curso do Córrego do Monjolo.....	39
Figura 33 – Crescimento urbano na década de 2010	40
Figura 34 – Estação convencional 83531 – precipitação (01/01/17 a 31/05/18)	41
Figura 35 – Estação automática A562 – precipitação (31/12/18 a 04/05/19)	41
Figura 36 – Altura pluviométrica.....	42
Figura 37 – Vista parcial da microbacia do Córrego do Monjolo	43
Figura 38 – Cruzamento entre as avenidas Fátima Porto e Piauí em 31/10/17	44
Figura 39 – Cruzamento entre as avenidas Fátima Porto e Piauí em 05/01/18	45
Figura 40 – Cruzamento entre as avenidas Fátima Porto e Piauí em 06/03/18	45
Figura 41 – Cruzamento entre as avenidas Fátima Porto e Piauí em 29/10/18	46
Figura 42 – Trecho em canalização aberta na avenida Ivan Borges Porto	46
Figura 43 – Transbordamento do Córrego do Monjolo à jusante do cruzamento entre as avenidas Fátima Porto e Ivan Borges Porto em 05/01/18	47
Figura 44 – Processo erosivo na cabeceira do Córrego do Monjolo	47
Figura 45 – Deslizamento de encosta na avenida Fátima Porto (início do período chuvoso em 13/11/18).....	48
Figura 46 – Assoreamento dos corpos hídricos	48
Figura 47– Danos ao leito de canalização do Córrego do Monjolo em 29/10/18	49
Figura 48 – Danos ao calçamento das ruas	49
Figura 49 – Deposição de entulho.....	50
Figura 50 – Lixo acumulado	50
Figura 51 – Lançamento de esgoto nos corpos hídricos.....	51
Figura 52 – Caixa de inspeção de esgoto	51
Figura 53 – Parque Municipal do Mirante.....	53

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Problemática	11
1.2	Objetivo Geral	11
1.3	Objetivos Específicos	12
1.4	Justificativa	12
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1	Condicionantes hidrológicos	14
2.1.1	<i>Precipitação Máxima</i>	14
2.1.2	<i>Escoamento superficial</i>	14
2.1.3	<i>Vazão máxima.....</i>	14
2.2	Drenagem e urbanização	15
2.3	Drenagem urbana no Brasil	16
2.4	Legislação	17
2.5	Doenças relacionadas à água	19
2.5.1	<i>Doenças transmitidas por vetores</i>	19
2.5.2	<i>Doenças de veiculação hídrica.....</i>	19
2.6	Inundações.....	20
2.7	Drenagem urbana tradicional	21
2.7.1	<i>Microdrenagem.....</i>	21
2.7.2	<i>Macrodrenagem</i>	22
2.8	Drenagem urbana sustentável	23
2.8.1	<i>Pavimento permeável e semipermeável.....</i>	23
2.8.2	<i>Reservatórios de retenção e detenção.....</i>	24
2.8.3	<i>Valas e trincheiras de infiltração.....</i>	25

2.8.4	<i>Faixas gramadas</i>	26
2.8.5	<i>Canteiros pluviais</i>	27
2.8.6	<i>Telhado verde</i>	27
2.9	Controle de inundações	28
2.9.1	<i>Medidas estruturais</i>	28
<u>2.9.1.1</u>	<u>Medidas estruturais extensivas</u>	29
<u>2.9.1.2</u>	<u>Medidas estruturais intensivas</u>	29
2.9.2	<i>Medidas não estruturais</i>	30
2.10	Gestão da drenagem urbana	30
2.11	Patos de Minas e o processo de urbanização	30
3	MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1	<i>Área de estudo</i>	33
3.2	<i>Dados coletados</i>	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1	<i>Problemas identificados na microbacia</i>	44
4.2	<i>Análise geral</i>	51
4.3	<i>Alternativas para reduzir o escoamento superficial</i>	52
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
	REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

A drenagem das águas superficiais é tão antiga quanto à origem das civilizações. Porém, no desenvolvimento das nações não houve conscientização dos povos quanto à drenagem urbana, pois esta não era considerada obra de infraestrutura e nem fator primordial para o desenvolvimento de centros urbanos. No início, a drenagem era considerada um complemento da irrigação, e com o decorrer do tempo foi evoluindo com objetivos estabelecidos (1).

Os primeiros sistemas de drenagem resumiam-se a valas a céu aberto que serviam para o escoamento das águas e de dejetos em direção aos rios e lagos, o que causava mau cheiro e tornavam as reservas de água poluídas. Com a proposição de separação da água potável e da água servida, as valas a céu aberto foram substituídas por dutos subterrâneos compostos por blocos de argila cozidos e cimentados com barro ou gesso (1).

No Brasil, existem registros históricos com relatos transcritos em escritas, desenhos, pinturas, obras literárias e posteriormente pela imprensa sobre enchentes e inundações nas cidades do Rio de Janeiro e São Paulo. A cidade do Rio de Janeiro foi construída sobre aterros provisórios, feitos sem tecnologia e mal nivelados, que ocupavam antigos pântanos, córregos, lagoas e manguezais. E São Paulo, cujo núcleo central foi construído no alto de uma colina, só passou a ter transtornos maiores por volta de 1870 com a explosão demográfica, a especulação imobiliária e a segregação das camadas privilegiadas, originando a expansão descontrolada da área urbana (2,3).

Em Patos de Minas, desde 1914, existem relatos que as cheias do Rio Paranaíba alagando as áreas de várzea eram frequentes, porém naquela época a área urbana era mais distante do rio e não causava tantos transtornos e perdas. Em 1978, Oswaldo Amorim relatou no jornal Folha Diocesana que o avanço da cidade rumo às margens do rio, a construção da Vila Operária pela administração municipal em área alagável e a convicção de que o rio não transbordaria mais, eram atitudes insensatas e que os transtornos seriam maiores quanto mais as áreas de várzea fossem ocupadas (4,5).

Atualmente, muitas cidades sofrem com problemas decorrentes de alagamentos e inundações. O alagamento em determinados locais por deficiência do sistema de drenagem e a inundação nas áreas de várzea dos leitos de cursos

d'água provocam diversos transtornos para a população residente nas proximidades e usuários de vias atingidas, como a perda de bens materiais e vidas (6,7).

Nas últimas décadas o desenvolvimento urbano e a migração de pessoas da zona rural para a urbana, produziu um aumento populacional nessas e conseqüentemente a impermeabilização excessiva do solo. Alagamentos e inundações nas áreas urbanas são decorrentes da impermeabilização do solo, do crescimento desordenado das cidades (ocupação dessas áreas por usos não conformes), da inadequação ou má conservação dos sistemas de drenagem e da falta de planejamento e gestão da drenagem urbana (6,7).

As causas dos problemas de drenagem urbana não podem ser dissociadas do próprio desenvolvimento urbano, assim, é preciso destacar que os planos e ações nesse contexto não eliminarão os eventos de inundação, mas poderão diminuir sua intensidade e impacto na vida das comunidades que os sofrem (6).

Para a minimização desses problemas as ciências exatas e sociais têm sido reformuladas para se adequarem às incertezas trazidas pela relação entre a sociedade e o meio ambiente. E dessa forma, entender que pequenas alterações nas condições iniciais produzem modificações que se intensificam no decorrer do tempo, e que os desastres naturais são resultantes da organização entre os elementos que compõem o clima, os fatores geográficos e atmosféricos e as atividades antrópicas (6).

Sendo assim, faz-se necessário o estudo, o planejamento e a supervisão das áreas consideradas críticas, bem como o conhecimento de características e fatores tais como a precipitação máxima, os elementos de drenagem disponíveis e o uso e manejo da microbacia hidrográfica.

1.1 Problemática

Quais soluções seriam mais adequadas para resolver o problema de inundação recorrente no baixo Córrego do Monjolo, em Patos de Minas/MG?

1.2 Objetivo Geral

Sugerir medidas estruturais e não estruturais para reduzir os problemas de drenagem no baixo Córrego do Monjolo, em Patos de Minas/MG.

1.3 Objetivos Específicos

- Investigar a origem e causas para a concentração da água de chuva no baixo Córrego do Monjolo;
- Relacionar os impactos ambientais negativos decorrentes do processo de urbanização para a drenagem urbana;
- Avaliar a eficácia do sistema de drenagem da microbacia do Córrego do Monjolo no período chuvoso;
- Identificar soluções adequadas para o bom funcionamento do sistema de drenagem da microbacia do Córrego do Monjolo.

1.4 Justificativa

Em Patos de Minas existem vários pontos considerados de risco, ou seja, propensos à inundação, com diversos fatores relacionados e em microbacias hidrográficas diferentes, os quais necessitam de medidas adequadas que minimizem os transtornos e perdas provocados por chuvas intensas.

Através de fotos documentadas por moradores e veículos de comunicação de Patos de Minas, verifica-se que o baixo curso do Córrego do Monjolo, no decorrer dos últimos anos, tem sofrido inundações frequentes, o que causa transtornos para a população residente nos bairros do entorno e aos usuários da avenida Fátima Porto, importante via de acesso rápido entre o centro e periferia, e de ligação entre as avenidas Juscelino Kubitschek de Oliveira e Marabá.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Diz-se que uma bacia hidrográfica é urbana (figura 01) quando se encontra em área urbana, com o processo de urbanização iniciado ou consolidado (8).

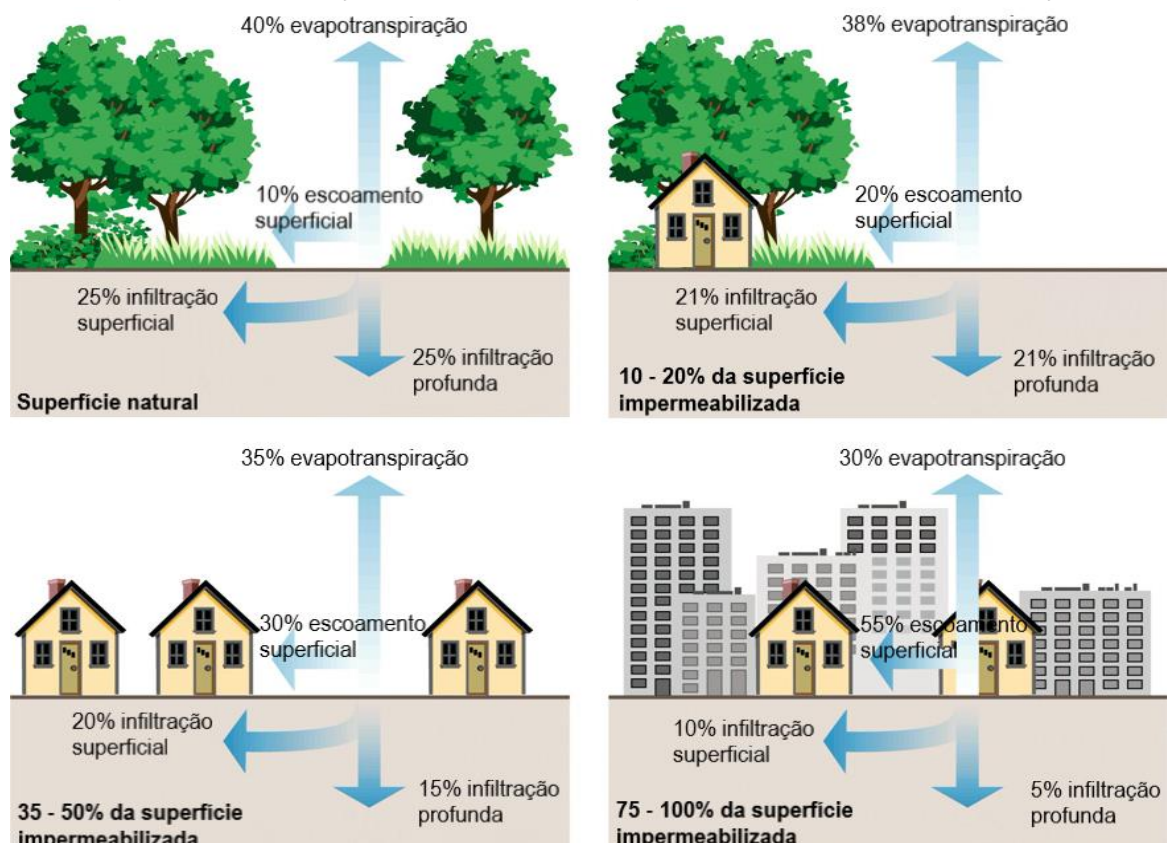
Figura 01 – Bacia hidrográfica urbana



Fonte: (9)

O estudo da bacia hidrográfica é realizado com o objetivo de conhecer as características que interferem no seu comportamento e nas fases do ciclo hidrológico (figura 02) (9).

Figura 02 – Alterações no ciclo hidrológico decorrentes da urbanização



Fonte: (10 - adaptado)

2.1 Condicionantes hidrológicos

2.1.1 Precipitação Máxima

A chuva é a forma de precipitação mais significativa para a hidrologia por sua capacidade de gerar escoamento superficial. As chuvas máximas devem ser entendidas como ocorrências extremas com duração e distribuição crítica para uma área ou bacia hidrográfica, as quais podem atuar sobre a erosão do solo, inundações em áreas urbanas e obras hidráulicas (8,11,12).

Em lugares onde há estações meteorológicas disponíveis o estudo do comportamento dos picos de chuva, para o planejamento do sistema de drenagem urbana, é mais facilmente desenvolvido com a obtenção de informações sobre as precipitações (13).

Um dos obstáculos apresentados num projeto de drenagem urbana vem a ser a definição da precipitação máxima, o que pode ser contornado através das equações de chuva intensa.

A equação de chuva intensa é determinada através das relações intensidade, duração e frequência das chuvas, a partir de registros históricos disponibilizados por órgãos como Agência Nacional de Águas (ANA), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e companhias de energia elétrica e água (13).

2.1.2 Escoamento superficial

É uma das fases mais importantes do ciclo hidrológico e corresponde à parcela de água que se desloca na superfície terrestre. O deslocamento das águas na superfície da terra está ligado ao aproveitamento da água superficial e à proteção contra os efeitos causados pelo seu deslocamento, tais como a erosão do solo e inundações (8).

2.1.3 Vazão máxima

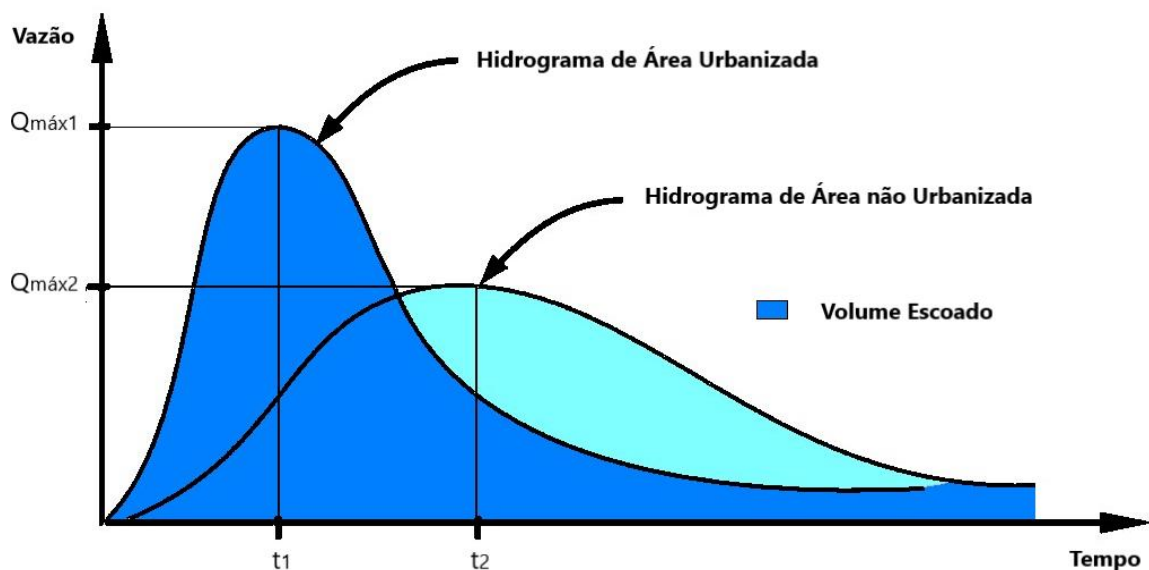
A vazão máxima ou vazão de pico é o maior valor obtido para o volume escoado por unidade de tempo, para um determinado evento no qual a precipitação produz escoamento superficial. A vazão máxima é empregada na previsão de enchentes, planejamento de obras (canais, bueiros, galerias, etc.) e manejo das enchentes (8).

2.2 Drenagem e urbanização

O movimento das águas da chuva sobre a superfície terrestre é definido pela topografia do local; as águas escoam até atingir os talvegues formando pequenos caminhos e assim alcançam os cursos d'água. O processo de urbanização altera esse caminho natural, o qual passa a ser determinado pelo traçado das vias (14,15).

À medida em que foram sendo urbanizadas grandes áreas ao longo dos córregos, os problemas relacionados às águas pluviais foram crescendo. A impermeabilização do solo em conjunto com as canalizações e retificações dos cursos d'água, intensificam e transferem o problema para jusante. Antes, chuvas consideradas normais infiltravam parcialmente no solo, porém, com o processo acentuado de urbanização, essas chuvas passaram a gerar vazões maiores, ou seja, volumes maiores de escoamento superficial num curto período de tempo (figura 03) (8,11,14).

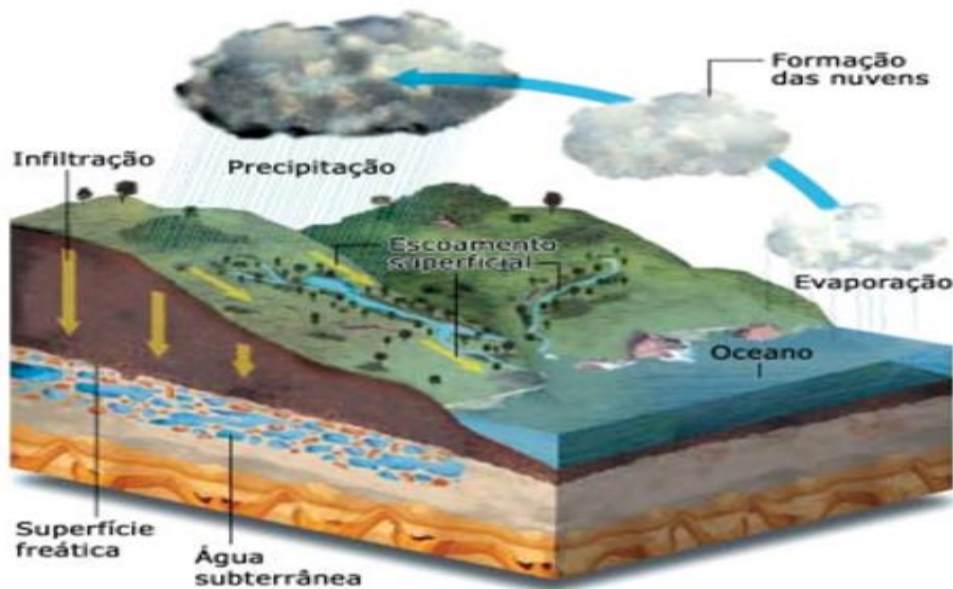
Figura 03 – Consequências da urbanização no balanço hídrico



Fonte: (16)

O processo de urbanização remove a vegetação existente, impermeabiliza o solo e apropria-se das várzeas dos cursos d'água, interferindo diretamente no ciclo hidrológico (figura 04), provocando erosão do solo, assoreamento do leito dos cursos d'água, e a proliferação de doenças de veiculação hídrica (11,16).

Figura 04 – Ciclo hidrológico



Fonte: (9)

Além disso, outros problemas podem ser verificados nas bacias hidrográficas e se referem à quantidade de resíduo sólido, esgoto doméstico e sedimentos lançados nos corpos hídricos que drenam essas bacias (11).

O processo de urbanização é a causa de maior relevância e a que provoca as maiores alterações nos processos do ciclo hidrológico, pois promove a redução da infiltração da água no solo e o aumento do escoamento superficial (11).

2.3 Drenagem urbana no Brasil

A fundação da cidade de Belo Horizonte/MG em 1897 é considerada um marco histórico para a drenagem urbana no Brasil, o engenheiro civil e sanitário Saturnino de Brito projetou-a com traçado urbanístico predefinido e servida com serviços de água e esgoto (17).

Em 1912 foram inaugurados em Santos/SP os primeiros canais para a drenagem dos terrenos alagados, outro projeto de Saturnino de Brito, com a função de escoar as águas paradas dentro do perímetro urbano e reduzir o surgimento de epidemias. Nesse mesmo ano, o Brasil adotou o sistema separador absoluto como obrigatório, no qual os sistemas de esgotamento sanitário e o de drenagem pluvial eram projetados e construídos independentes (17).

O crescimento expressivo da população urbana nas últimas décadas, chegando a 84,4% do total da população (figura 05) traz uma série de consequências como o aumento da degradação dos cursos d'água, da demanda por

água para o abastecimento e das inundações em função da impermeabilização do solo decorrentes da falta de infraestrutura urbana e da capacidade do poder público em fazer cumprir a legislação (7,18).

Figura 05 – Percentual da população urbana na população total, segundo as grandes regiões – 2010

Grandes Regiões	Percentual (%)				
	1970	1980	1991	2000	2010
Brasil	55,9	67,6	75,6	81,2	84,4
Norte	45,1	51,6	59,0	69,9	73,5
Nordeste	41,8	50,5	60,7	69,1	73,1
Sudeste	72,7	82,8	88,0	90,5	92,9
Sul	44,3	62,4	74,1	80,9	84,9
Centro-Oeste	48,1	67,8	81,3	86,7	88,8

Fonte: (19 – adaptado)

Os municípios brasileiros não têm projetos consistentes e nem equipe técnica capacitada para a elaboração de seus planos diretores de drenagem urbana fatores que aliados à ocupação das áreas de várzea, impermeabilização do solo e infraestrutura de drenagem urbana deficiente agravam e intensificam os eventos de inundações e alagamentos (14,17,20).

2.4 Legislação

As normas que regulam a drenagem urbana estão inseridas no escopo de legislações referentes aos recursos hídricos, uso do solo e licenciamento ambiental. Sendo que a Constituição Federal estabelece os princípios básicos para a gestão dos recursos hídricos através das bacias hidrográficas (9).

A Política Nacional do Meio Ambiente, lei federal nº. 6.938/1981, visa a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental assegurando o desenvolvimento socioeconômico, a segurança nacional e proteção à vida humana. Estabelece em seu artigo 2º, inciso II o uso racional do solo, subsolo, água e ar como um dos princípios a ser atendido. Sendo que Estados e Municípios podem elaborar normas complementares e padrões relacionados ao meio ambiente observando os definidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (21).

O Estatuto das Cidades, lei federal nº 10.257/2001, visa ordenar o desenvolvimento das funções sociais das cidades, garantindo o bem-estar dos cidadãos e o equilíbrio ambiental, ou seja, define critérios para o zoneamento do uso do solo através de planos diretores que observem também aspectos relacionados à drenagem urbana (9).

Em seu artigo 42-A, estabelece que o plano diretor dos Municípios incluídos no cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos deverá conter medidas de drenagem urbana necessárias à prevenção e à mitigação de impactos de desastres (22).

A Lei do Saneamento Básico, lei federal nº 11.445/2007, regulamentada pelo decreto nº. 7.217/2010, estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico, instituindo aspectos econômicos e sociais para o manejo das águas pluviais urbanas, e através de um conjunto de normas para o licenciamento ambiental define regras e condicionantes para obras de drenagem (9).

No artigo 2º, inciso I-A, considera a drenagem e manejo das águas pluviais como parte integrante do saneamento básico. E no artigo 3º, inciso IV, estabelece como princípio fundamental a disponibilidade, nas áreas urbanas, de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado. O artigo 19, condiciona que os planos de saneamento básico deverão ser compatíveis com os planos de recursos hídricos das bacias hidrográficas em que os municípios se encontram inseridos. E no artigo 25, inciso V, parágrafo 1º, estabelece que o município pode, a seu critério, elaborar planos específicos para um ou mais serviços (23).

Em Minas Gerais, o Conselho Estadual de Política Ambiental (Copam) classifica através da deliberação normativa nº. 217/2017, entre as atividades de infraestrutura, o parcelamento do solo urbano segundo o potencial poluidor ou degradador como: grande para o solo, médio para a água, pequeno para o ar e médio de modo geral; podendo ser exigido desde o licenciamento ambiental simplificado até o licenciamento ambiental concomitante, no qual exige-se licença prévia, de instalação e/ou de operação (24).

O parcelamento do solo urbano em Patos de Minas é disciplinado pela lei complementar nº. 216/2004, a qual exige como uma das obras de infraestrutura necessárias a drenagem das águas pluviais. Enquanto que a lei complementar nº. 320/2008 estabelece no capítulo referente aos parâmetros urbanísticos que a taxa de permeabilidade do solo pode sofrer redução desde que haja utilização de caixa de retenção de drenagem, que retarde o lançamento das águas pluviais. Sendo que na Macrozona de Adensamento Preferencial (taxa de permeabilidade igual a 10%)

deve possibilitar a retenção de 6 litros para cada metro quadrado de área do terreno e na Macrozona de Adensamento (taxa de permeabilidade igual a 20%) deve possibilitar a retenção de 12 litros para cada metro quadrado de área do terreno (25,26).

2.5 Doenças relacionadas à água

A água, essencial para a vida no planeta, pode ser também responsável pela transmissão de doenças. A relação entre a água e algumas doenças se dá: por veiculação hídrica, de forma indireta e por servir como criadouro para alguns vetores. Porém, o tratamento da água, a higiene pessoal, condições sanitárias adequadas e evitar o acúmulo de água parada são formas de prevenção das doenças (27).

O saneamento básico é tratado como a interposição pública, de menor custo, na saúde visando combater episódios de diarreia e outras doenças de transmissão feco-oral relacionadas à água. Medidas de limpeza pública, drenagem pluvial e o controle de vetores de doenças caracterizam-se como formas de saneamento aliadas ao tratamento de água e esgoto (28).

2.5.1 Doenças transmitidas por vetores

Nas doenças relacionadas com a água o vetor usa a água para se desenvolver, ou seja, serve como criadouro, são os casos de vetores de doenças como a malária e a esquistossomose. Atualmente um dos vetores que mais preocupam os serviços de saúde é o mosquito *Aedes aegypti*; transmissor do Zika Vírus, de 4 tipos de Dengue, de Febre Amarela Urbana e da Chikungunya (16,27).

2.5.2 Doenças de veiculação hídrica

Segundo Tucci (2005) as doenças de veiculação hídrica podem ser classificadas em doenças com a fonte na água e ocorridas pela falta de higiene.

- Doenças com fonte na água: a água funciona como veículo passivo para o agente de infecção, ou seja, dependem da água para sua transferência como amebíase, giardíase, ascaridíase, gastroenterite, febres tifoide e paratifoide, hepatite infecciosa, cólera, salmonela, diarreia, leptospirose (desenvolvida durante as inundações pela mistura da urina de rato);

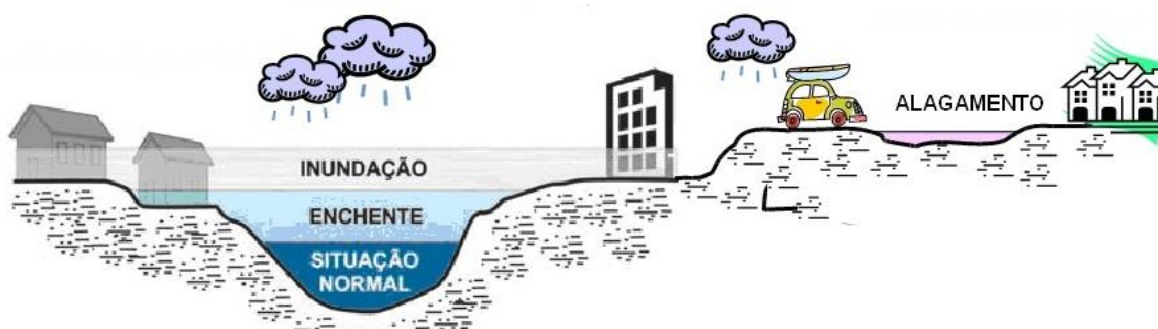
- Doenças ocorridas pela falta de higiene: dependem da disponibilidade de água segura e da educação da população, como a oxiúriase e doenças vinculadas com infecções de ouvido, pele e olhos.

2.6 Inundações

O crescimento da população urbana e o acentuado processo de urbanização das cidades têm acarretado sérios problemas de infraestrutura urbana, particularmente no que concerne à drenagem urbana (8,11).

No Brasil a maioria dos municípios sofre com problemas de enchentes, inundações e alagamentos (figura 06), resultantes de uma série de fatores, dentre os quais podemos evidenciar o processo de urbanização, a falta de um sistema de drenagem eficaz, a falta de manejo de águas pluviais e a falta de integração e clareza entre as legislações existentes (7,17).

Figura 06 – Perfil esquemático de enchente, inundação e alagamento



Fonte: (29)

Segundo Tucci (2008) o escoamento das águas pluviais pode gerar inundações e impactos em virtude de inundações de áreas ribeirinhas e inundações geradas pela urbanização, que ocorrem isoladamente ou concomitantemente.

- Inundações de áreas ribeirinhas: ocorrem no leito maior dos cursos d'água, de forma natural, devido à variação temporal e espacial da precipitação e do escoamento superficial.
- Inundações geradas pela urbanização: ocorrem no sistema de drenagem urbana, devido à impermeabilização do solo, canalização do escoamento superficial e/ou obstruções ao escoamento.

2.7 Drenagem urbana tradicional

De acordo com o Plano Nacional de Saúde e Ambiente no Desenvolvimento Sustentável (1995) que dispõe sobre saneamento, o sistema de drenagem urbana é um agrupamento de medidas, intervenções e serviços de caráter prioritário em programas de saúde pública (30).

A drenagem urbana tradicional é um sistema formado por vários elementos e dispositivos hidráulicos destinados a reduzir os impactos ambientais causados principalmente pela impermeabilização do solo, minimizar riscos e prejuízos ocasionados por inundações e promover o desenvolvimento urbano de modo coerente, planejado e sustentável (8,11).

Segundo Knapik (2017a) os sistemas de drenagem urbana tradicionais são classificados de acordo com suas dimensões em sistemas de microdrenagem e de macrodrenagem. Estes sistemas têm como objetivos:

- escoar a água precipitada para jusante do ponto de coleta;
- Reduzir o risco de inundações para a população e edificações;
- Reduzir o nível de danos decorrentes das inundações;
- Proteger a qualidade ambiental e o bem-estar da população.

2.7.1 Microdrenagem

O sistema inicial ou microdrenagem compreende todos os elementos que visam garantir o tráfego e dar acesso aos lotes e habitações. Responsável por coletar as águas da chuva nas áreas urbanas, o sistema é composto pelos pavimentos das ruas, guias e sarjetas, bocas de lobo (figura 07), galerias de drenagem, sistemas de retenção e infiltração nos lotes e pavimentos, trincheiras, valas, caixas de ligação, poços de queda, poços de visita, tubulações secundárias de menor diâmetro e outros mecanismos (29,31).

Figura 07 – Boca de lobo



Fonte: (Autores, 2019)

A microdrenagem é adaptada aos sistemas viários de acesso, sendo moldada, instituída e operada para garantir o bom desempenho destes, sobretudo servir de entrada para a macrodrenagem, que recebe todo o impacto da ação urbana sobre sua bacia. Os seus elementos são projetados para eventos de precipitação com período de retorno de 2 a 10 anos, sendo que a curva de desempenho destes caracteriza-se por proporcionar alto risco de falha. Estes sistemas tem alcance pequeno, interconexão reduzida e seus defeitos produzem problemas nas ruas e avenidas as quais servem (31).

2.7.2 *Macrodrenagem*

Constituem-se de grandes troncos coletores das águas da chuva nas áreas urbanas. Nestas áreas a macrodrenagem herdou as atribuições da malha hídrica original da bacia nas quais córregos, riachos e rios foram substituídos por elementos projetados para eventos de precipitação com período de retorno superiores a 25 anos, sendo que a curva de desempenho destes caracteriza-se por proporcionar baixo risco de falha (29,31).

Estes sistemas tem elevada interconexão, difundindo problemas de um sistema para outro por meio de canalizações, galerias de águas pluviais, túneis, elevatórias, canais, emissários em condutos circulares, obras de extremidade para dissipação de energia (figura 08), reservatório de retenção e detenção, barragens e outros (29,31).

Figura 08 – Dissipador de energia



Fonte: (Autores, 2019)

2.8 Drenagem urbana sustentável

O conceito de drenagem urbana sustentável foi introduzido com o aperfeiçoamento do termo sanitarista–higienista, o qual prevê a retirada rápida das águas pluviais e dos efluentes urbanos da cidade com o objetivo de preservar a saúde da população e suprimir os efeitos danosos (32).

O sistema de drenagem urbana sustentável (SUDS) é um conjunto de dispositivos e técnicas desenvolvidos nos países Escandinavos com o objetivo de aumentar a infiltração das águas pluviais no solo, em busca do equilíbrio ambiental da bacia hidrográfica urbana. Considerado uma boa alternativa, o SUDS é formado por uma ou diversas medidas de contenção das águas das chuvas, para que o volume acumulado seja liberado de forma lenta e ao atingir as áreas suscetíveis à inundação não causem transtornos e danos às estruturas (32).

2.8.1 Pavimento permeável e semipermeável

Este tipo de medida age no local absorvendo parte da água da chuva. Tem como função reduzir o volume escoado e do tempo de recarga da bacia (32).

O pavimento permeável (figura 09) pode ser de asfalto ou concreto poroso, sendo que a água absorvida é conduzida para um reservatório subterrâneo.

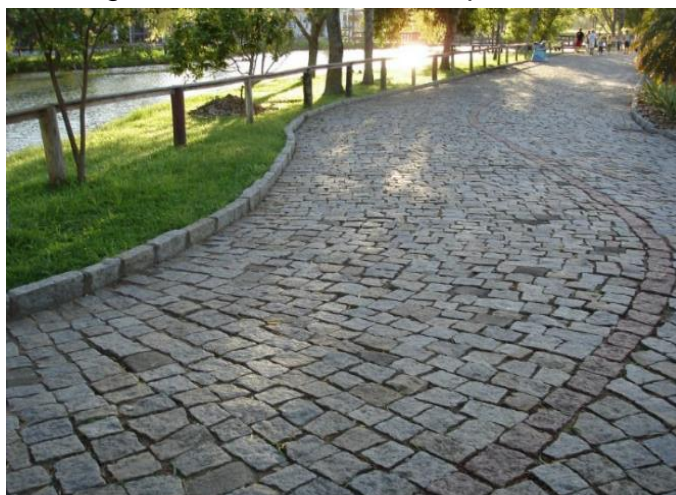
Figura 09 – Pavimento permeável



Fonte: (33)

Enquanto o pavimento semipermeável (figura 10) pode utilizar blocos de concreto industrial e/ou paralelepípedos (32).

Figura 10– Pavimento semipermeável



Fonte: (34)

2.8.2 Reservatórios de retenção e detenção

São utilizados para o armazenamento temporário das águas pluviais, diminuindo assim as enchentes.

Os reservatórios de detenção (figura 11) podem ser instalados em áreas públicas como praças, parques, quadras, as quais têm outra destinação após um dado evento de chuva (35).

Figura 11 – Reservatório de detenção



Fonte: (36)

Já os reservatórios de retenção (figura 12) são permanentes, ou seja, conservados com uma lâmina d'água, a qual deve ter a qualidade controlada (35).

Figura 12 – Reservatório de retenção



Fonte: (37)

2.8.3 Valas e trincheiras de infiltração

São utilizadas para proporcionar a infiltração da água das chuvas no solo, reduzindo assim o escoamento superficial.

As valas de infiltração (figura 13) são feitas de forma simples, na forma de depressões contínuas no solo coberto por uma camada de grama, com o intuito de reunir as águas pluviais e auxiliar na sua absorção pelo solo (32).

Figura 13 – Vala de infiltração



Fonte: (37)

As trincheiras de infiltração (figura 14), de percolação e/ou drenantes, são estruturas contínuas, cuja forma é dependente do grau de absorção do terreno e da área disponível (32).

Figura 14 – Trincheira de infiltração

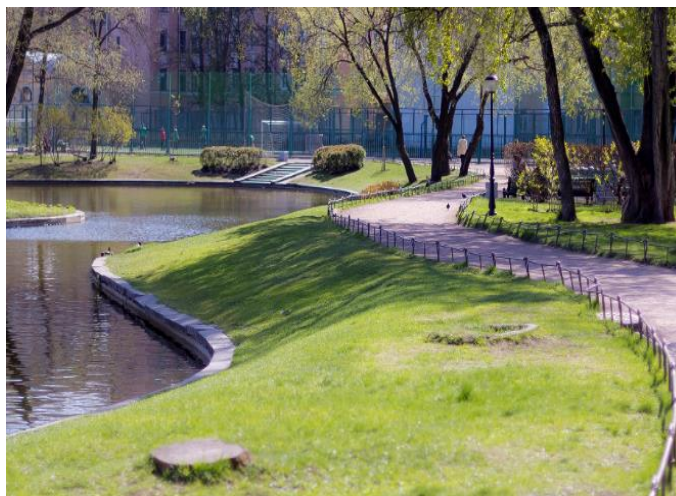


Fonte: (37)

2.8.4 Faixas gramadas

As faixas gramadas (figura 15) são introduzidas com o objetivo de retardar o escoamento das águas pluviais de forma a infiltrar os escoamentos laminares provenientes de superfícies impermeáveis urbanas, podendo ser aplicadas em consonância com outras medidas (32).

Figura 15 – Faixas gramadas ou arborizadas



Fonte: (38)

2.8.5 Canteiros pluviais

Os canteiros (figura 16) podem ser instalados em pequenos espaços urbanos com o objetivo de retardar o escoamento das águas pluviais, utilizados em prédios ou meio urbano denso e receber a água entre o passeio público e a via (37).

Figura 16 – Canteiro pluvial



Fonte: (37)

2.8.6 Telhado verde

O telhado verde (figura 17) é um sistema constituído de uma cobertura verde composta por vegetação e solo sobre uma base impermeável, proporcionado a

infiltração da água das chuvas, que podem ser armazenadas em reservatórios. Tendem a reduzir o escoamento superficial, amenizam as ilhas de calor formadas nos grandes centros, além de diminuir a temperatura interna das edificações (39,40).

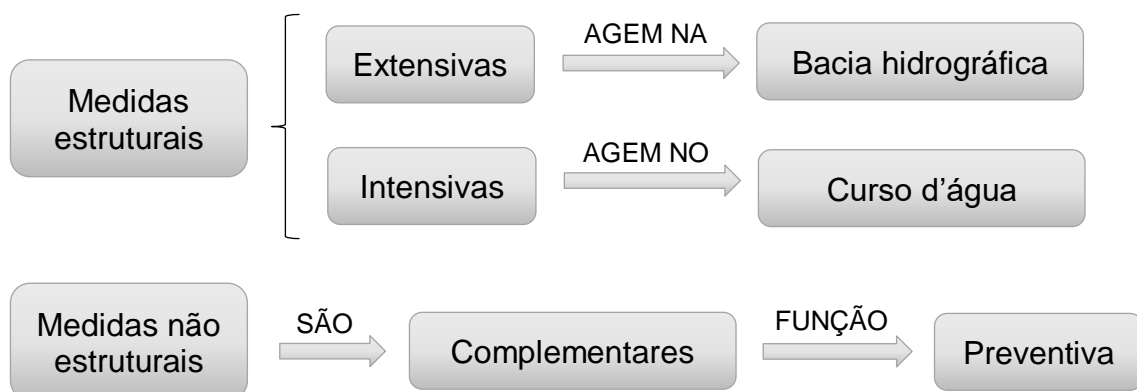
Figura 17 – Telhado verde



Fonte: (41)

2.9 Controle de inundações

Segundo Aragão (2017), Rezende (2010) e Tucci (2009) as medidas de controle visam minimizar, corrigir e/ou prevenir os danos provocados por inundações. As medidas de controle podem ser divididas em:



Em geral, o custo de proteção de uma área inundável por medidas estruturais é superior ao de medidas não-estruturais (42).

2.9.1 Medidas estruturais

São medidas que visam reduzir o risco de inundações através da implantação de obras hidráulicas para conter, reter ou melhorar a condução dos escoamentos. Porém, salienta-se que as medidas estruturais podem criar uma falsa sensação de

segurança, permitindo o aumento da ocupação das áreas inundáveis, que posteriormente terão como resultados avarias expressivas (16,42).

2.9.1.1 Medidas estruturais extensivas

As medidas estruturais extensivas são aquelas atuantes na bacia hidrográfica como um todo, buscando alterar as relações entre precipitação e vazão, como a recomposição da cobertura vegetal do solo, que reduz e adia os picos de cheias, controlando a erosão, aumentando a capacidade de infiltração do solo, reduzindo a velocidade de escoamento (15,16,43).

2.9.1.2 Medidas estruturais intensivas

De acordo com Aragão (2017), Rezende (2010) e Tucci (2005) as medidas intensivas são aquelas que agem numa escala menor, ou seja, apenas nos cursos d'água, e visam acelerar o escoamento na construção de diques e polders, canalizações e retificações (figura 18); retardar o escoamento: reservatórios e bacias de amortecimento, canais de retardamento e infiltração, caixas de expansão; possibilitar o desvio do escoamento: canais de desvios, paralelos.

Figura 18 – Canalização e retificação de cursos d'água



Fonte: (Autores, 2019)

2.9.2 Medidas não estruturais

As medidas não estruturais são moldadas para complementar as ações executadas como medidas estruturais, procuram reduzir impactos sem modificar o risco das cheias naturais a um custo menor. As medidas não estruturais são do tipo preventivas, têm como objetivo minimizar as causas para os problemas de drenagem urbana (16,29,42).

2.10 Gestão da drenagem urbana

A gestão das ações dentro do ambiente urbano pode ser definida de acordo com a relação de dependência da água através da bacia hidrográfica ou da jurisdição administrativa do município, do estado ou da nação. A tendência da gestão dos recursos hídricos tem sido realizada através da bacia hidrográfica, no entanto a gestão do uso do solo é realizada pelo município ou grupo de municípios numa Região Metropolitana. Nesse cenário, existem várias cidades que interferem umas nas outras, transferindo impactos (18).

Ou seja, existe um conflito entre a gestão dos recursos hídricos e a gestão do uso solo, os quais deveriam considerar a bacia hidrográfica como base para o planejamento e gerenciamento.

Em geral, o planejamento de sistemas de drenagem é elaborado seguindo a ideia de que o escoamento da água precipitada deve ser feito o mais rápido possível para fora da área, o que aumenta os transtornos à jusante. Para alterar esta tendência é necessário adotar princípios de controle de enchentes que considerem que: o aumento da vazão devido à urbanização não deve ser transferido para jusante; a bacia hidrográfica deve ser o domínio físico de avaliação dos impactos resultantes; o horizonte de avaliação deve contemplar futuras ocupações urbanas; as áreas ribeirinhas somente poderão ser ocupadas dentro de um zoneamento que contemple as condições de cheias; as medidas de controle devem ser preferencialmente não-estruturais (42).

2.11 Patos de Minas e o processo de urbanização

O município de Patos de Minas está situado na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, possui área total de 3.190,187 km², sendo que a sede tem 62,86 km² e os distritos 5 km²(44).

A maior parte do município localiza-se na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba(integrante da Bacia Nacional do Paraná), sendo que a área urbana da

sede é drenada por este e seus afluentes, tais como o: Ribeirão da Fábrica, Córrego do Monjolo (figura 19), Córrego da Cadeia, Córrego Água Limpa, Córrego do Canavial, Córrego do Arroz e Córrego do Limoeiro (46).

Figura 19 – Córrego do Monjolo antes da construção da avenida Fátima Porto, por volta de 1980



Fonte: (45)

Na sede do município, uma das principais microbacias, tanto em extensão quanto em ocupação, é a do Córrego do Monjolo, que engloba áreas pertencentes às regiões nordeste, leste, centro, sudoeste e sudeste da cidade (44,46).

A descoberta e início da exploração da jazida de fosfato no município de Patos de Minas na década de 1970 propiciou investimentos na infraestrutura urbana e a expansão urbana. Com esses investimentos foi possível criar em 1986 a avenida Sanitária (agora denominada avenida Fátima Porto), o que possibilitou a ocupação urbana das áreas à margem esquerda do Córrego do Monjolo. Nessa mesma época iniciou-se a ocupação urbana das áreas de várzea do Rio Paranaíba e do Ribeirão da Fábrica (47).

O prolongamento da avenida Fátima Porto (figura 20) ocorreu em 2012, sendo construído à margem direita do Córrego do Monjolo, parcialmente sobre a sua mata ciliar, o que direcionou a ocupação urbana para as áreas próximas às nascentes do curso d'água, alterando a dinâmica dos processos hidrológicos, principalmente a infiltração e o escoamento superficial (47).

Figura 20 – Prolongamento da avenida Fátima Porto



Fonte: (Autores, 2019)

De acordo com os estudos de Caixeta (2013), para a simulação de ocupação urbana de 50% da área remanescente (aproximadamente 2,65 km²), não urbanizada, da microbacia do Córrego do Monjolo é possível verificar inundações no baixo curso do Córrego do Monjolo, devido à ineficiência do canal em dar vazão ao escoamento superficial, o que confirma a necessidade do uso de alternativas para minimizar esse problema.

3 MATERIAL E MÉTODOS

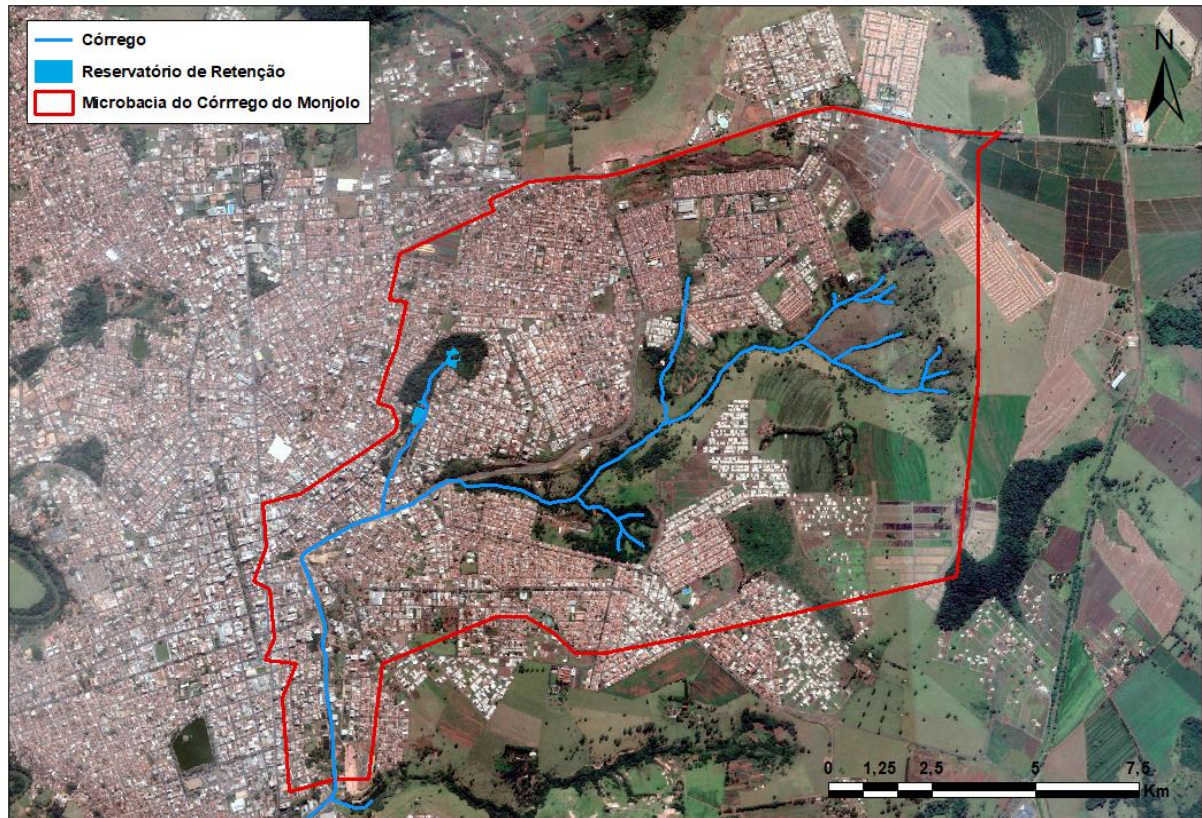
Este trabalho foi realizado utilizando-se o método quali-quantitativo e está dividido em três etapas:

- I. Revisão de literatura: a partir de referências teóricas foram definidos os conceitos para a drenagem urbana, o processo de urbanização, seus relacionamentos e as alternativas adequadas para minimizar problemas como a inundação em áreas urbanas.
- II. Coleta de dados: foram realizadas visitas à Secretaria de Planejamento de Patos de Minas responsável pelas pastas de drenagem urbana e de urbanização com o intuito de obter dados sobre a microbacia hidrográfica do córrego do Monjolo e dos elementos de drenagem disponíveis; pesquisas no sítio do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET responsável pelas informações meteorológicas, visando obter registros referentes às precipitações máximas, observadas e coletadas na Estação Meteorológica, situada no Campo Experimental de Sertãozinho em Patos de Minas; e coleta de dados de campo em diversos locais da microbacia hidrográfica visando a sua caracterização bem como dos elementos de drenagem existentes e problemas relacionados à drenagem pluvial.
- III. Análise: por fim, este estudo apresenta alternativas que visam minimizar problemas de drenagem pluvial, tais como a inundação em áreas urbanas.

3.1 Área de estudo

A área de estudo corresponde à bacia urbana denominada microbacia do Córrego do Monjolo (figura 21), com aproximadamente 13 km². A rede de drenagem é do tipo dendrítica e retilínea – similar a um galho de árvore, cuja ocorrência se dá em formações cristalinas ou sedimentares, sendo formada por algumas nascentes. O principal curso d'água é o Córrego do Monjolo, afluente do Ribeirão da Fábrica, com extensão total de 6,723 km, da nascente principal (figura 22) até o encontro com o Córrego do Canavial, sendo que 2,9 km de sua extensão se encontra canalizada (figura 23).

Figura 21 – Microbacia do Córrego do Monjolo



Fonte: (Autores, 2019)

Figura 22 – Nascente do Córrego do Monjolo



Fonte: (Autores, 2019)

Figura 23 – Canalização do Córrego do Monjolo



Fonte: (48)

Para a microbacia, o Parque Municipal do Mocambo, criado nos anos 1990, é essencial para auxiliar na infiltração das águas pluviais e retardar o escoamento superficial pois além das áreas de vegetação nativa possui reservatórios de retenção (figura 24). O parque abriga também as nascentes do Córrego da Caixa D'água que segue pela avenida Ivan Borges Porto e deságua no córrego do Monjolo (figura 25).

Figura 24 – Reservatório de retenção



Fonte: (Autores, 2019)

Figura 25 – Desembocadura do Córrego da Caixa D'água – Córrego do Monjolo



Fonte: (Autores, 2019)

O sistema de microdrenagem (figura 26) praticamente existe somente nos pontos mais baixos, próximo aos pontos de descarga nos cursos d'água nas áreas urbanizadas da microbacia.

Figura 26 – Elementos de microdrenagem



Fonte: (Autores, 2019)

O sistema de macrodrenagem é formado pela canalização do leito do Córrego do Monjolo e do subafluente, o Córrego da Caixa D'água (figura 27), além de

galerias. O sistema possui vários pontos de estrangulamento (figura 28) que interferem no escoamento superficial.

Figura 27 – Canalização na avenida Ivan Borges Porto



Fonte: (Autores, 2019)

Figura 28 – Ponto de estrangulamento – cruzamento entre as avenidas Fátima Porto e Piauí



Fonte: (49)

Num desses pontos de estrangulamento, situado no baixo curso do Córrego do Monjolo (figura 29), nas proximidades do cruzamento entre as avenidas Fátima Porto e Piauí (figura 30), há incidência e recorrência de inundações (figura 31), sendo que na região o processo de urbanização encontra-se consolidado (figura 32).

Figura 29 – Baixo curso do Córrego do Monjolo



Fonte: (Autores, 2019)

Figura 30 – Cruzamento entre as avenidas Fátima Porto e Piauí



Fonte: (Autores, 2019)

Figura 31 – Inundação provocada pela chuva em 29/10/18



Fonte: (49)

Figura 32 – Processo de urbanização no entorno do baixo curso do Córrego do Monjolo

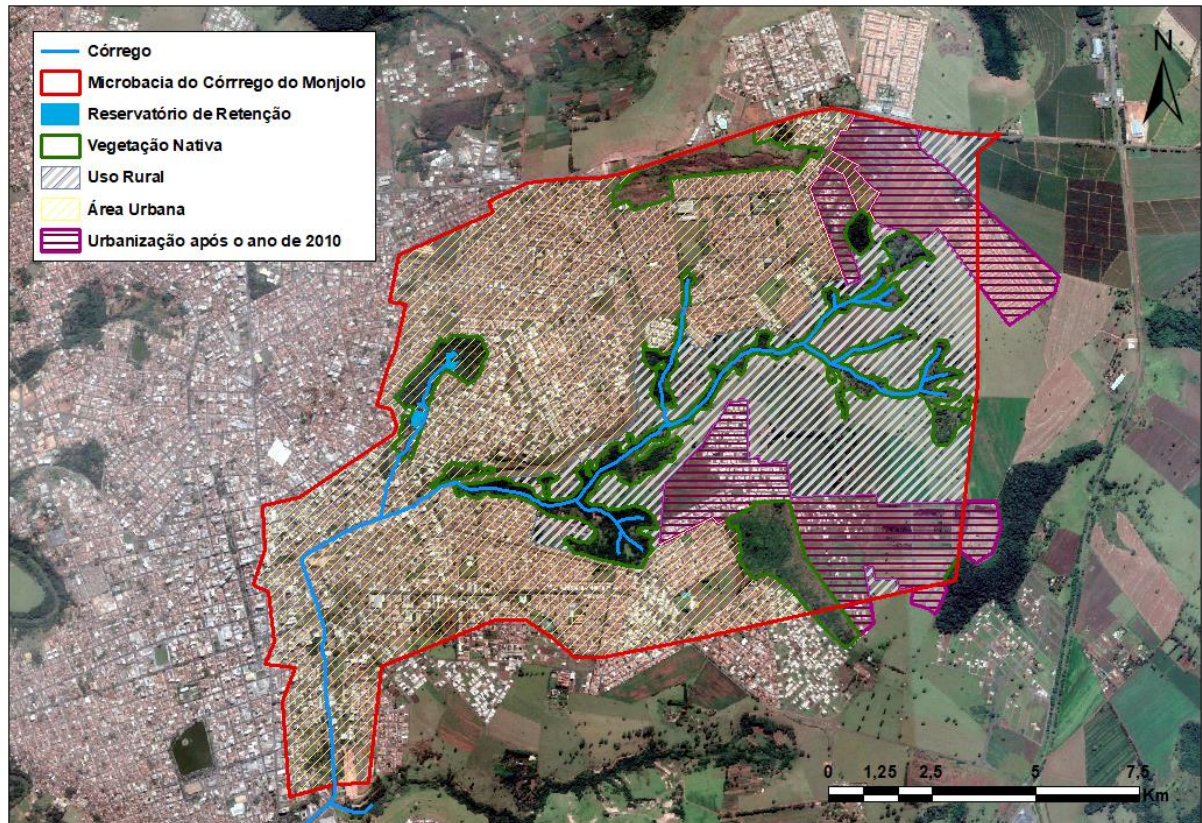


Fonte: (Autores, 2019)

3.2 Dados coletados

Na década de 2010, a microbacia teve crescimento expressivo em direção à área a montante do Córrego do Monjolo (figura 33).

Figura 33 – Crescimento urbano na década de 2010



Fonte: (Autores, 2019)

Através do mapa de sub-bacias de imagem de alta resolução foram extraídas as áreas correspondentes aos principais usos do solo esquematizados a seguir:

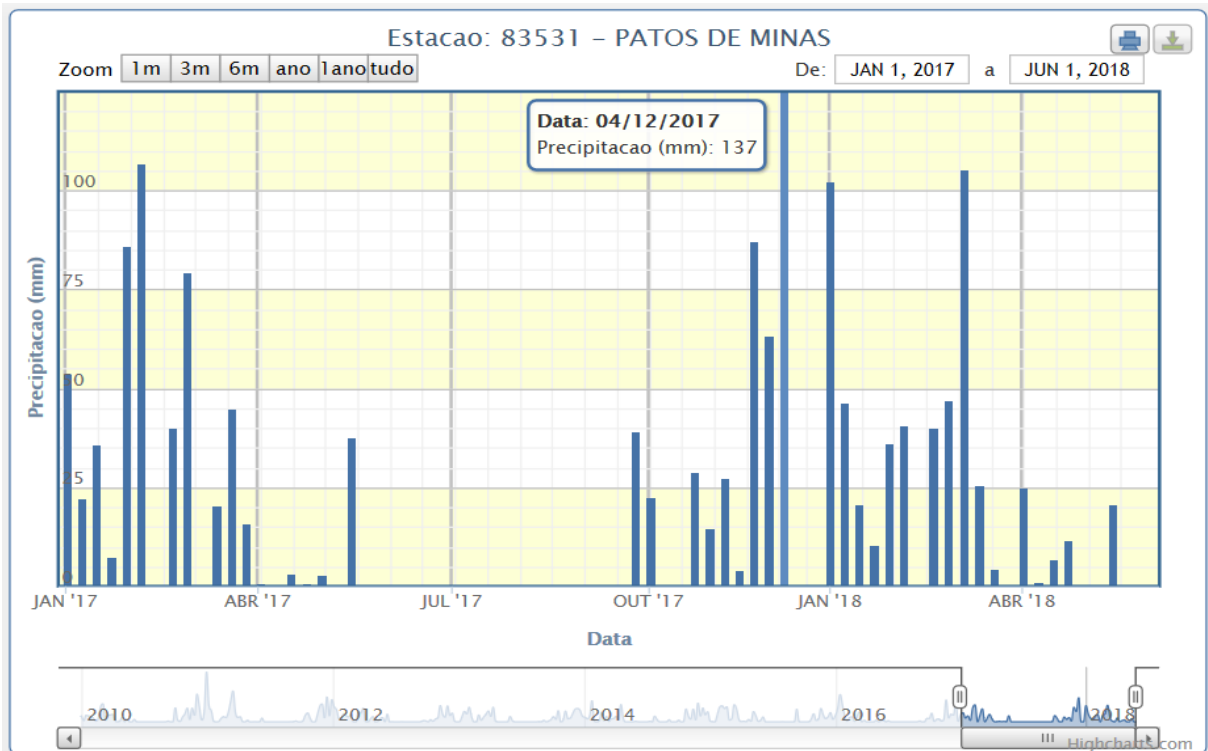
Área da microbacia $\cong 13 \text{ km}^2$



Área urbanizada $\cong 8,95 \text{ km}^2$
 Área de uso rural $\cong 2,46 \text{ km}^2$
 Área de cobertura vegetal $\cong 1,17 \text{ km}^2$
 Área disposta em parques $\cong 0,42 \text{ km}^2$

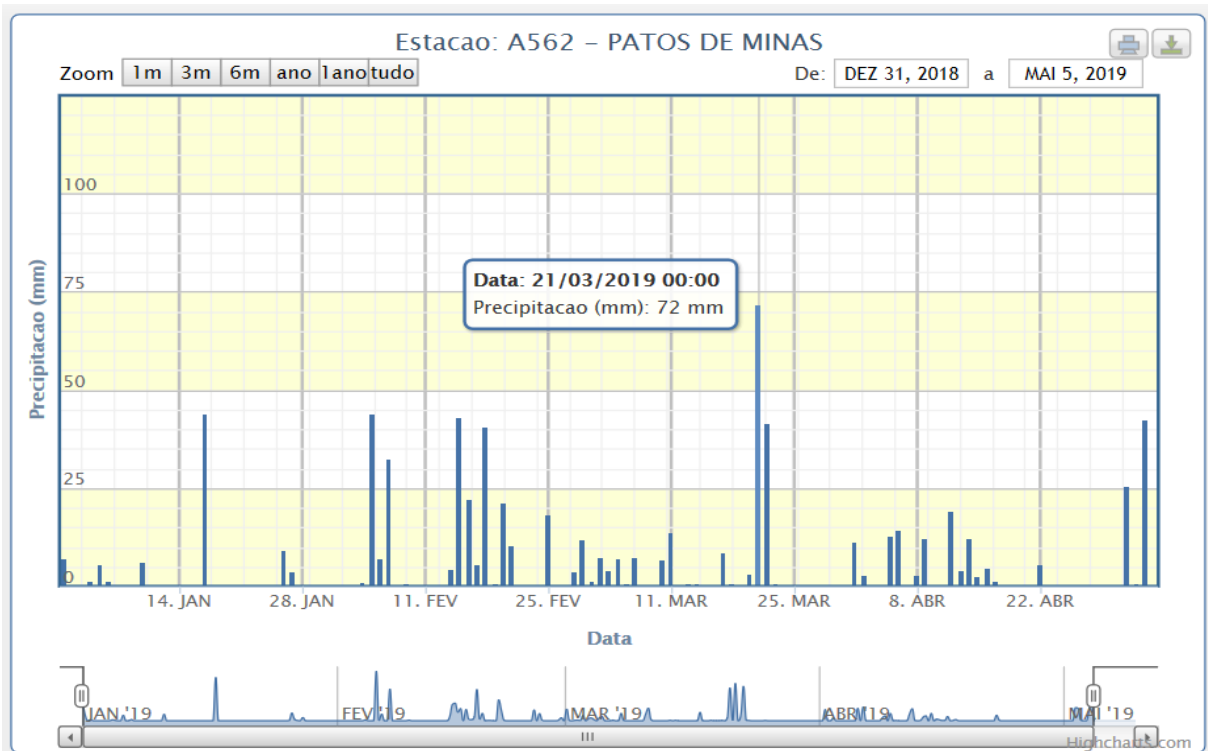
Os dados de precipitação anteriores a junho de 2018 encontram-se disponíveis através da Estação Convencional 83531 (figura 34). E a partir de janeiro de 2019 os dados de precipitação são coletados pela Estação Automática A562 (figura 35). Enquanto que o Centro Integrado de Comando e Controle Regional (CICCR) e Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil (Compdec), quando há ocorrência de eventos extremos, disponibilizam os dados referente à altura pluviométrica e a duração de forma rápida para toda a comunidade.

Figura 34 – Estação convencional 83531 – precipitação (01/01/17 a 31/05/18)



Fonte: (50)

Figura 35 – Estação automática A562 – precipitação (31/12/18 a 04/05/19)



Fonte: (51)

Uma das equações de chuva intensa para Patos de Minas foi definida em função dos registros históricos de uma série de dados de 17 anos disponibilizados

pelo INMET e equacionados por pesquisadores do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), disposta da seguinte forma:

$$I = \frac{2837,142 \times TR^{0,208}}{(t + 29,438)^{0,943}} \quad (52)$$

Para os períodos de retorno mais usuais na área de drenagem urbana, variando-se a duração da chuva obtêm-se os valores de altura pluviométrica dispostos na figura 36.

Figura 36 – Altura pluviométrica

Posto :	PATOS DE MINAS			Código:	01846018				
ALTURA DA PRECIPITAÇÃO									(mm)
T	t (horas)								
(anos)	0,10	0,17	0,50	1,00	2,00	4,00	8,00	14,00	24,00
1	9,8	14,8	30,1	41,0	50,5	57,9	63,6	67,2	70,2
2	11,3	17,1	34,8	47,3	58,3	66,9	73,4	77,6	81,1
5	13,7	20,7	42,1	57,3	70,6	81,0	88,8	93,9	98,1
10	15,8	23,9	48,6	66,2	81,5	93,5	102,6	108,5	113,4
15	17,2	26,0	52,9	72,0	88,7	101,8	111,6	118,0	123,3
25	19,2	28,9	58,8	80,1	98,7	113,2	124,2	131,2	137,2
50	22,1	33,4	68,0	92,5	114,0	130,7	143,4	151,6	158,4
100	25,6	38,5	78,5	106,8	131,6	151,0	165,6	175,1	183,0

Fonte: (52)

Os dados de campo foram coletados em pontos distintos da microbacia (figura 37), através de fotografias e observação, para a caracterização das nascentes, cursos d'água, cobertura vegetal e ocupação do solo, bem como para a identificação de problemas.

Figura 37 – Vista parcial da microbacia do Córrego do Monjolo



Fonte: (Autores, 2019)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os princípios básicos para a drenagem urbana sustentável são os de não aumentar as cheias naturais e não fazer intervenções no meio ambiente que provoquem aumento ou transferência de enchentes para outros locais, a montante ou a jusante. Dessa forma, todos os problemas identificados devem ser analisados em conjunto com as possíveis medidas de controle de forma que essas possam ser integradas ao meio ambiente urbano.

4.1 Problemas identificados na microbacia

Ressalta-se que os problemas existentes na microbacia encontram-se espalhados por toda a sua extensão, possuem causas diversas e em sua maioria relacionadas entre si.

Para iniciar, a ineficiência da infraestrutura de drenagem urbana aliada a fatores como declividade acentuada do relevo da microbacia, excesso de impermeabilização do solo, ausência de bacias de retenção e/ou detenção à montante contribui para a recorrência de inundações em determinados pontos ao longo do leito do Córrego do Monjolo, principalmente no baixo curso (figuras 38 a 41).

Figura 38 – Cruzamento entre as avenidas Fátima Porto e Piauí em 31/10/17



Fonte: (53)

Figura 39 – Cruzamento entre as avenidas Fátima Porto e Piauí em 05/01/18



Fonte: (54)

Figura 40 – Cruzamento entre as avenidas Fátima Porto e Piauí em 06/03/18



Fonte: (55)

Figura 41 – Cruzamento entre as avenidas Fátima Porto e Piauí em 29/10/18



Fonte: (56)

O leito do Córrego da Caixa D'água que segue pela avenida Ivan Borges Porto em canalização aberta (figura 42) e fechada foi reestruturado entre os anos 2012 e 2014, o que provocou redução dos problemas de inundação no cruzamento entre a primeira e a avenida Fátima Porto, porém transferiu-os para jusante (figura 43).

Figura 42 – Trecho em canalização aberta na avenida Ivan Borges Porto



Fonte: (Autores, 2019)

Figura 43 – Transbordamento do Córrego do Monjolo à jusante do cruzamento entre as avenidas Fátima Porto e Ivan Borges Portoem 05/01/18



Fonte: (57)

A microbacia do Córrego do Monjolo possui relevo com declividade acentuada que aliado à falta de cobertura vegetal provoca danos ao meio ambiente como o aumento das áreas com processo erosivo instalado (figura 44), deslizamento de encostas (figura 45) e assoreamento dos corpos hídricos (figura 46).

Figura 44 – Processo erosivo na cabeceira do Córrego do Monjolo



Fonte: (Autores, 2019)

Figura 45 – Deslizamento de encosta na avenida Fátima Porto (início do período chuvoso em 13/11/18)



Fonte: (58)

Figura 46 – Assoreamento dos corpos hídricos



Fonte: (Autores, 2019)

A velocidade do escoamento superficial provoca danos à infraestrutura urbana como ao leito de canalização (figura 47), assoreamento dos cursos d'água e calçamento das ruas (figura 48).

Figura 47– Danos ao leito de canalização do Córrego do Monjoloem 29/10/18



Fonte: (49)

Figura 48 – Danos ao calçamento das ruas



Fonte: (Autores, 2019)

Em toda a extensão da microbacia do Córrego do Monjolo existem pontos de deposição de resíduos sólidos (figura 49) e lixo doméstico (figura 50).

Figura 49 – Deposição de entulho



Fonte: (Autores, 2019)

Figura 50 – Lixo acumulado



Fonte: (49)

O lançamento de esgoto (figuras 51 e 52) na rede de drenagem pluvial é outro problema que necessita ser solucionado, pois interfere no escoamento superficial, na qualidade da água e na proliferação de doenças de veiculação hídrica.

Figura 51 – Lançamento de esgoto nos corpos hídricos



Fonte: (Autores, 2019)

Figura 52 – Caixa de inspeção de esgoto



Fonte: (Autores, 2019)

4.2 Análise geral

Por exemplo, para a chuva do dia 29/10/2018, que de acordo com informações do CICCR e Compdec, em 30 minutos choveu 55 mm, estima-se um volume acumulado de 715.000,00 m³. E considerando a equação de chuva intensa para Patos de Minas obtém-se um período de retorno de 18,07 anos.

Porém, observando o período entre 31/10/2017 e 29/10/2018 (com valores de precipitação variando entre 29 mm e 67 mm) e os dados pluviométricos coletados na

Estação Meteorológica do Campo Experimental de Sertãozinho o que se constata é que chuvas com valores acima de 25 mm tem se tornado cada vez mais frequentes e provocado mais transtornos nas áreas urbanas. E conseqüentemente a equação de chuvas intensas para Patos de Minas não representa mais a dinâmica das precipitações, sendo necessário a revisão desta.

Quanto ao crescimento urbano observado na década de 2010, principalmente em direção às áreas a montante do trecho canalizado do Córrego do Monjolo, a qual passou a ocupar 60,4% (1,6 km²) da área remanescente anterior (2,65 km²), provocando um incremento expressivo no escoamento superficial.

Em relação às técnicas e métodos descritos nos sistemas de drenagem urbana sustentável (SUDS) verifica-se a existência de pontos positivos e negativos, porém o que se deve considerar é a dinâmica formada pelos relacionamentos entre as técnicas ou métodos, e destes com o meio urbano.

4.3 Alternativas para reduzir o escoamento superficial

Pelo fato da microbacia hidrográfica ser densamente urbanizada, o emprego de meios alternativos que não interfiram na infraestrutura existente é mais viável e menos oneroso, já que estes podem ser implantados em equilíbrio com o meio urbano, sem ocasionar transtornos.

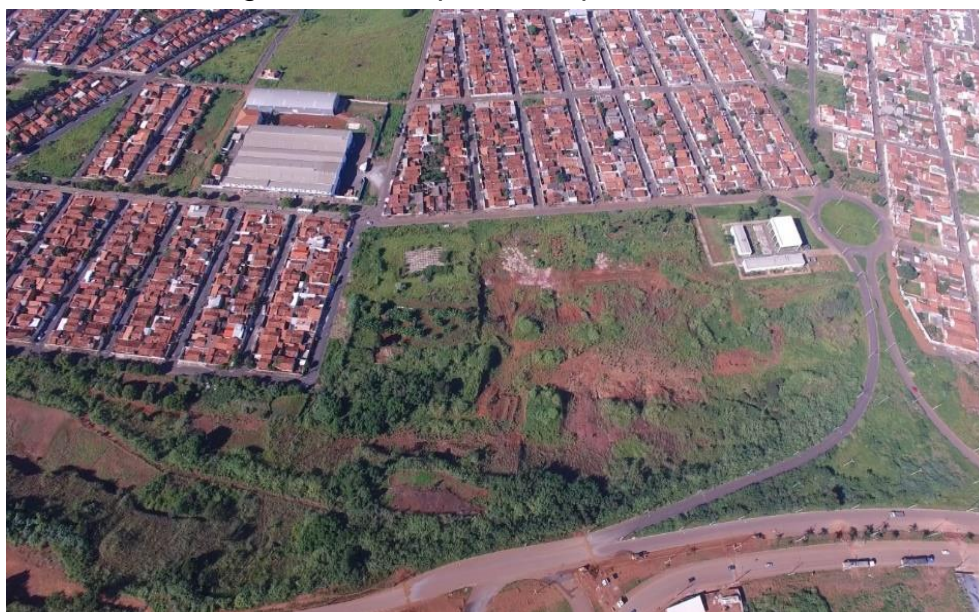
Dentre as alternativas estudadas, as que podem contribuir para reduzir os impactos provocados pelas inundações no baixo curso do Córrego do Monjolo são:

a) Reservatórios de detenção e retenção

Os reservatórios de detenção e retenção têm por objetivo minimizar o impacto hidrológico ocasionado pela redução da capacidade de armazenamento natural da microbacia hidrográfica, pois retêm o volume de água durante as enchentes diminuindo a vazão máxima e os impactos à jusante.

Através da análise da microbacia, características e infraestrutura, e áreas disponíveis à montante do Córrego do Monjolo, constata-se que o Parque Municipal do Mirante (figura 53) é uma área considerável a qual pode abrigar um reservatório de retenção e/ou detenção, tendo em vista que o local situa-se às margens da avenida Marabá e pode receber o incremento do escoamento superficial proveniente desta.

Figura 53– Parque Municipal do Mirante



Fonte: (Autores, 2019)

b) Pavimento permeável

O pavimento permeável pode ser empregado em praças, jardins, estacionamentos, passeios, ciclovias, e tem a função de possibilitar a infiltração da água no solo reduzindo o escoamento superficial, proporcionando a recarga do lençol freático e diminuindo os processos erosivos.

c) Armazenamento no lote

O armazenamento pode ser realizado em pequenos reservatórios dispostos dentro do próprio lote, distribuídos pela bacia hidrográfica, de forma a auxiliar na retenção do volume de escoamento superficial, reduzindo o pico de cheia e distribuindo a vazão no tempo. Ainda pode ser utilizado para possibilitar a infiltração da água no solo ou em consonância com outros usos como a irrigação de jardins e lavagem de superfícies

d) Revitalização da microbacia do Córrego do Monjolo

A revitalização depende do planejamento de ações integradas para a proteção de nascentes e áreas de preservação permanente, recomposição da cobertura vegetal e do solo, operação e manutenção adequada do sistema de drenagem, lançamento e tratamento correto do esgotamento sanitário e coibição da deposição de resíduos sólidos, de formar a promover o uso sustentável dos recursos naturais e produzir água em quantidade e qualidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise do atual estado da microbacia do Córrego do Monjolo e dos estudos realizados constatou-se que o aumento da área urbanizada (60,4% da área remanescente anterior) e a reestruturação da canalização do Córrego da Caixa D'água (terminada em 2014) contribuíram significativamente para o agravamento das inundações no baixo curso do Córrego do Monjolo. Ou seja, a ineficiência do sistema de drenagem da microbacia aliada ao excesso de impermeabilização do solo decorrente do processo de urbanização são determinantes para a recorrência de inundações ao longo do leito do Córrego do Monjolo.

O funcionamento adequado do sistema de drenagem é dependente do estágio do processo de urbanização e do tipo de evento relacionado às chuvas.

Em áreas já urbanizadas, para os eventos de enchentes ou cheias não há solução, pois as áreas ribeirinhas e de várzea encontram-se ocupadas e quando há eventos de chuvas máximas ocorre o transbordamento da calha, ou seja, as cheias ocorrem pelo processo natural no qual o curso d'água ocupa seu leito maior.

Nessas mesmas áreas, para os eventos de inundações existem alternativas para minimizar os transtornos e danos sofridos, como as medidas de controle na fonte (armazenamento temporário em reservatórios no próprio lote) e as medidas de controle de jusante (reservatórios de retenção e detenção), com o objetivo de atrasar o pico e a intensidade do hidrograma de cheia fazendo-se o lançamento posterior da água armazenada no sistema de drenagem pluvial e/ou possibilitando a infiltração da água no local de coleta.

Enquanto que para áreas não urbanizadas, tanto para evitar transtornos decorrentes de eventos de enchentes ou evitar possíveis inundações deve-se proceder à elaboração de legislação e normatização de procedimentos técnicos de forma que intervenções no meio ambiente sejam feitas com respeito à drenagem urbana.

Estudos sobre alternativas, em escala experimental, devem ser utilizados para sanar questionamentos como no caso de utilização de reservatórios de detenção de forma sistemática, monitoramento das cheias e sistemas de alerta, bem como as formas de adaptação das cidades aos eventos de chuvas extremas.

REFERÊNCIAS

1. MATOS, J de S. Aspectos históricos a actuais da evolução da drenagem de águas residuais em meio urbano. **Revista Engenharia Civil**, Lisboa, Portugal, n. 16, p. 13-23, 2003. Disponível em: <<http://www.civil.uminho.pt/revista/artigos/Num16/Pag%2013-23.pdf>>. Acesso em: mar. 2019.
2. JANES, J. São Paulo das enchentes, 1890-1940. **Histórica**, São Paulo, n.47, abr. 2011. Disponível em: <<http://www.historica.arquivoestado.sp.gov.br/materias/anteriores/edicao47/materia01/>>. Acesso em: mar. 2019.
3. MAIA, A. C. N. Imagens de uma cidade submersa: o Rio de Janeiro e suas enchentes na memória de escritores e fotógrafos. **Escritos**, Rio de Janeiro, ano 6, n. 6, p. 247-274, 2012. Disponível em: <http://escritos.rb.gov.br/numero06/escritos%206_11_imagens%20de%20uma%20cidade.pdf>. Acesso em: mar. 2019.
4. EFECADPATOS [homepage na internet]. Considerações sobre o passado de Patos de Minas. **Enchentes do Rio Paranaíba** (04/11/2013). Fonte: Texto publicado na edição de 19 de janeiro de 1978 do jornal Folha Diocesana, com o título “E o Rio Transbordou”, Oswaldo Amorim do arquivo do Laboratório de Ensino, Pesquisa e Extensão de História (LEPEH) Unipam. Disponível do em: <<https://www.efecadepatos.com.br/?p=5833>> Acesso em: mai. 2019.
5. EFECADPATOS [homepage na internet]. Considerações sobre o passado de Patos de Minas. **Sobre o Rio Paranaíba em 1956**(18/04/2018). Fonte: Texto publicado na edição n. 1 de 24 de maio de 1956 do jornal dos Municípios, com o título “Paranaíba! Um Rio que fará andar o progresso!”, do arquivo do Laboratório de Ensino, Pesquisa e Extensão de História (LEPEH) Unipam. Disponível do em: <<https://www.efecadepatos.com.br/?p=26032>> Acesso em: mai. 2019.
6. TRAVASSOS, L. Inundações urbanas: uma questão socioambiental. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade – GeAS**, São Paulo, v.1, n.1, p. 88-105, jan.-jun. 2012. Disponível em: <<http://www.revistageas.org.br/ojs/index.php/geas/article/view/12/pdf>>. Acesso em: mar. 2019.
7. TUCCI, C. E. M. Drenagem urbana. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.55, n.4, out.-dez. 2003. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000400020>. Acesso em: mar. 2019.
8. TUCCI, C. E. M. (organizador). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora UFRGS/ABRH, 4ª ed., v.4, 2009.
9. FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Orientações básicas para drenagem urbana**. Belo Horizonte: Feam, 2006. Disponível em: <<http://feam.br/images/stories/arquivos/Cartilha%20Drenagem.pdf>>. Acesso em: abr. 2019.

10. FISRWG. **Stream corridor restoration: principles, processes, and practices.** Federal Interagency Stream Restoration Working Group. USA: FISRWG, 1998 Disponível em: <https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_MEDIA/nrcs143_024824.jpg> Acesso em: mar. 2019.
11. POLETO, C. **Bacias hidrográficas e recursos hídricos.** Rio de Janeiro: Interciência, 1ª ed., 2014.
12. MELLO, C. R.; SILVA, A. M. **Hidrologia: princípios e aplicações em sistemas agrícolas.** Lavras: Ed. UFLA, 2013.
13. FESTI, A. V. **Coletânea das equações de chuva do Brasil.** Paulínia, SP: FEAP. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/coletanea_chuvas.pdf>. Acesso em: abr. 2019.
14. LARENTIS, D. **Conceitos da drenagem urbana.** Rhama [homepage na internet]. Porto Alegre, abr. 2017a. Disponível em: <<http://rhama.com.br/blog/index.php/aguas-urbanas/conceitos-da-drenagem-urbana/>>. Acesso em: mar. 2019.
15. REZENDE, O. M. **Manejo sustentável de águas pluviais: uso de paisagens multifuncionais em drenagem urbana para controle das inundações** [Monografia]. Rio de Janeiro: UFRJ – Escola Politécnica, 2010. Disponível em: <http://www.peu.poli.ufrj.br/arquivos/Monografias/Oswaldo_Moura_Rezende.pdf>. Acesso em: mar. 2019.
16. TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas.** Brasília: Ministério das Cidades – Global Water Partnership – World Bank – Unesco, 2005. Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/35138393/GestaoAguasPluviaisUrbanas.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1552271970&Signature=4CgCmBdseC5LPaUTaebrYCTSaEY%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DGestao_Aguas_Pluviais_Urbanas.pdf>. Acesso em: mar. 2019.
17. SILVA, C. R da; RIBEIRO, C. R.; MACCARINI, G. L.; SILVA, M. S. S. da; SOUZA, V. M. de. **Drenagem urbana.** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, nov. 2014. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/269048091/Trabalho-Drenagem-Saneamento-UFSC>>. Acesso em: mar. 2019.
18. TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.22, n.63, p. 97-112, jan. 2008. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295/11943>>. Acesso em: mar. 2019.
19. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas do censo demográfico 2010** Rio de Janeiro: IBGE, p.107, 2013 Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/apps/atlas/pdf/Pag_107_Taxa_Urbanizacao_Urbanizacao.pdf>. Acesso em: mar. 2019.

20. LARENTIS, D. **Eficácia da drenagem nas cidades**. Rhama [homepage na internet]. Porto Alegre, abr. 2017b. Disponível em: <<http://rhama.com.br/blog/index.php/aguas-urbanas/eficacia-da-drenagem-nas-cidades/>>. Acesso em: mar. 2019.
21. BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Política Nacional do Meio Ambiente**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L6938compilada.htm>. Acesso em: mai. 2019.
22. BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. **Estatuto da Cidade**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: mar. 2019.
23. BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Saneamento Básico**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: mar. 2019.
24. MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental. **Deliberação Normativa nº 217**, de 06 de dezembro de 2017. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais e dá outras providências. Belo Horizonte: Diário Executivo do Estado, 2017. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=45558>>. Acesso em: mai. 2019.
25. PATOS DE MINAS. **Lei Complementar nº 216**, de 04 de agosto de 2004. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano no território do município de Patos de Minas e dá outras providências. Patos de Minas, MG: 2004. Disponível em: <<http://patosdeminas.mg.gov.br/home/>>. Acesso em: mai. 2019.
26. PATOS DE MINAS. **Lei Complementar nº 320 de 31 de dezembro de 2008**. Institui a lei revisão da lei de zoneamento, uso e ocupação dos terrenos e edificações no município de Patos de Minas. Patos de Minas, MG: 2008. Disponível em: <<http://patosdeminas.mg.gov.br/home/>>. Acesso em: abr. 2019.
27. COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS. **Saneamento: tratamento e abastecimento de água**. Programa Chuá de Educação Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte: Copasa. Disponível em: <http://www.copasa.com.br/wps/wcm/connect/771d71f8-d24f-4cdb-abf8-e3461660d5f6/COPASA_Agua.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: abr. 2019.
28. UHR, J. G. Z.; SCHMECHEL, M.; UHR, D. A. P. Relação entre saneamento básico no Brasil e saúde da população sob a ótica das internações hospitalares por doenças de veiculação hídrica. **Revista de Administração e**

- Contabilidade e Economia da Fundace:** RACEF, Ribeirão Preto, SP, v.7, n.16, p.01-16, jun. 2016. Disponível em: <<https://www.fundace.org.br/revistaracef/index.php/racef/article/view/104>>. Acesso em: mar. 2019.
29. KNAPIK, H. G. **Drenagem urbana I.** Curitiba: UFPR, 2017a. Disponível em: <https://docs.ufpr.br/~heloise.dhs/TH052/Aula%2008_Drenagem%20Urbana_parte%201.pdf>. Acesso em: mar. 2019.
30. BRASIL. Ministério da Saúde. **Plano nacional de saúde e ambiente no desenvolvimento sustentável.** Brasília: Ministério da Saúde, 1995. Disponível em: <<http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/Planonac.pdf>>. Acesso em: mar. 2019.
31. MARTINS, J. R. S. **Gestão da drenagem urbana: só tecnologia será suficiente?** São Paulo: USP, jul. 2012. Disponível em: <http://www.daae.sp.gov.br/outorgatreinamento/Obras_Hidraulic/gestaodrenagem.pdf>. Acesso em: abr. 2019.
32. AGOSTINHO, M. S. P.; POLETO, C. Sistemas sustentáveis de drenagem urbana: dispositivos. **Holos Environment**, Rio Claro, SP, v.12, n.2, p. 121-131, dez. 2012. Disponível em: <<https://www.ceanesp.org.br/holos/article/view/3054>>. Acesso em: mar. 2019.
33. ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Pavimentação ecológica é alternativa para o problema das enchentes.** Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/noticia/?id=285702>>. Acesso em: abr. 2019.
34. FLIC [homepage na internet]. **Pisos/Paralelepípedos.** Disponível em: <<https://pedrasmundial.com.br/produto/paralelepipedo>>. Acesso em: abr. 2019.
35. BONNECARRÉRE, J. **Retenção e detenção.** São Paulo: USP, 2017. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4122987/mod_resource/content/1/Aula%20Retencao_DetencaoV2017.pdf>. Acesso em: abr. 2019.
36. PORTO ALEGRE. Departamento de Esgotos Pluviais (DEP). **Detenção: as bacias que ficam secas.** Porto Alegre: DEP, 2008. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/default.php?p_secao=69>. Acesso em: abr. 2019.
37. KNAPIK, H. G. **Drenagem urbana II.** Curitiba: UFPR, 2017b. Disponível em: <https://docs.ufpr.br/~heloise.dhs/TH052/Aula%2009_Drenagem%20Urbana_parte%202.pdf>. Acesso em: mar. 2019.
38. FLICKR. Ludicorp [homepage na internet]. Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/ponomarevsergey/14587790206>>. Acesso em: abr. 2019.
39. ARAÚJO, S. R. **As funções dos telhados verdes no meio urbano, na gestão e no planejamento de recursos hídricos [TCC].** Seropédica, RJ: UFRRJ, 2007. Disponível em: <<https://ecotelhado.com/wp-content/uploads/2015/03/Funcoes-dos-Telhados-Verdes-no-Meio-Urbano.pdf>>. Acesso em: mar. 2019

40. SCROCCARO, M. P. **Estudo das temperaturas superficiais de coberturas verdes e convencionais na perspectiva de mitigação das ilhas de calor urbano no centro de Curitiba – Paraná** [Dissertação]. Curitiba: UFPR, 2016. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/47850000-Mateus-pedro-scroccaro.html>>. Acesso em: mar. 2019.
41. THE GREENEST POST [homepage na internet]. **Conheça o primeiro telhado verde da avenida Paulista, em São Paulo**. São Paulo: 2014. Disponível em: <<https://thegreenestpost.com/avenida-paulista-ganha-seu-primeiro-telhado-verde/>>. Acesso em: mar. 2019.
42. PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **Manual de Drenagem urbana: região metropolitana de Curitiba/PR**. Curitiba: SUDERHSA, dez, 2002. Disponível em: <http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/pddrenagem/volume6/mdu_ve rsao01.pdf>. Acesso em: mar. 2019.
43. ARAGÃO, R. **Sistemas de drenagem urbana: desafios para a sua adequada implantação e manejo sustentável**. In: Preparatório da Engenharia e da Agronomia para o 8º Fórum Mundial da Água. Cuiabá: Confea, out. 2017. Disponível em: <http://mundialagua.confea.org.br/wp-content/uploads/2017/10/SistemadeDrenagemUrbana_RicardoAragao.pdf>. Acesso em: mar. 2019.
44. PATOS DE MINAS. Secretaria Municipal de Planejamento. **Manejo de águas pluviais de drenagem urbana**. Patos de Minas: PMPM, 2011. Disponível em: <[http://www.patosdeminas.mg.gov.br/arquivos_gerais/01_anexoii\(1\)_conc0112.pdf](http://www.patosdeminas.mg.gov.br/arquivos_gerais/01_anexoii(1)_conc0112.pdf)>. Acesso em: abr. 2019.
45. COUTO, H. Acervo pessoal de Humberto Couto.
46. PATOS DE MINAS. Secretaria Municipal de Planejamento. **Revisão do plano diretor: diagnóstico**. Patos de Minas: PMPM, 2018. Disponível em <<https://drive.google.com/file/d/1LNgpNI8K9Q5R7Lsy4wd9slYj3-tCugWy/view>>Acesso em: abr. 2019.
47. CAIXETA, A. C. M. **Simulações computacionais para estimativa da influência do crescimento urbano na formação de zonas inundáveis adjacentes ao Córrego do Monjolo em Patos de Minas, MG** [Dissertação]. Uberlândia: UFU, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/14182>>. Acesso em: mar. 2019.
48. PATOS JÁ [homepage na internet]. **Indicador aponta que Patos de Minas tem bons índices de evolução econômica**. Disponível em: <<https://www.patosja.com.br/noticias/patos-de-minas/geral/indicador-aponta-que-patos-de-minas-tem-bons-indices-de-evolucao-economica>>. Acesso em: abr. 2019.
49. PATOS HOJE [homepage na internet]. **Estragos causados pelo temporal impressionam e mobilizam equipes em diversos pontos**. Disponível em: <<https://www.patoshoje.com.br/noticia/estragos-causados-pelo-temporal-impressionam-e-mobilizam-equipes-em-diversos-pontos-39185.html>>Acesso em: abr. 2019.

50. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA [homepage na internet]. **Estações convencionais** – gráficos. Precipitação. Brasília: INMET, 2019a Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_conv_graf>. Acesso em: abr. 2019.
51. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA [homepage na internet]. **Estações automáticas** – gráficos. Precipitação. Brasília: INMET, 2019b Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf>. Acesso em: abr. 2019.
52. FREITAS, A. J. de; SILVA, D. D. da; PRUSKI, F. F.; Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Equações de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: Copasa, Viçosa: UFV, 2001.
53. PATOS HOJE [homepage na internet]. **Temporal em Patos de Minas alaga diversas ruas e derruba dezenas de árvores.** Disponível em: <<https://www.patoshoje.com.br/noticia/temporal-em-patos-de-minas-alaga-diversas-ruas-e-centro-integrado-faz-alerta-a-populacao-35258.html>> Acesso em: abr. 2019.
54. G1 [homepage na internet]. **Muro desaba e córrego transborda durante chuva em Patos de Minas.** Disponível em: <<https://g1.globo.com/mg/triangulo-mineiro/noticia/muro-desaba-e-corrego-transborda-durante-chuva-em-patos-de-minas.ghtml>> Acesso em: abr. 2019.
55. PATOS AGORA [homepage na internet]. **Tempestade com vento e chuva forte causa transtornos em vários pontos de Patos de Minas.** Disponível em: <<http://www.patosagora.net/noticia/tempestade-com-vento-e-chuva-forte-causa-transtornos-em-varios-pontos-de-patos-de-minas>> Acesso em: abr. 2019.
56. TRIÂNGULO NOTÍCIAS [homepage na internet]. **Temporal causa alagamentos e transtornos em Patos de Minas.** Disponível em: <<https://triangulonoticias.com/temporal-causa-alagamentos-e-transtornos-em-patos-de-minas/>> Acesso em: abr. 2019.
57. PATOS HOJE [homepage na internet]. **Temporal em Patos de Minas faz Córrego do Monjolo transbordar na Fátima Porto.** Disponível em: <<https://patoshoje.com.br/noticia/temporal-em-patos-de-minas-faz-corrego-do-monjolo-transbordar-na-fatima-porto-35994.html>> Acesso em: abr. 2019.
58. G1 [homepage na internet]. **Chuva forte é registrada em Patos de Minas e causa estragos.** Disponível em: <<https://g1.globo.com/mg/triangulo-mineiro/noticia/2018/11/23/chuva-forte-e-registrada-em-patos-de-minas-e-causa-estragos.ghtml>> Acesso em: abr. 2019.

PATOS DE MINAS. Secretaria Municipal de Planejamento. **Mapa das sub-bacias.** Patos de Minas: PMPM, 2010.

DECLARAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO

Autoriza-se a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Faculdade Patos de Minas – Patos de Minas, 21 de maio de 2019.

Ana Gabriela Moreira Souza

Fernando Silva

Melina Naya Brás Almeida Guimarães

Raquel Resende Rocha