



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Instituto de Ciências Agrárias

Campus Regional Montes Claros



TRABALHO FINAL DE ESPECIALIZAÇÃO

ESPECIALIZAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAIS

**IMPACTOS CAUSADOS PELAS OCORRÊNCIAS PLUVIOMÉTRICAS
NO AMBIENTE URBANO DA CIDADE DE MONTES CLAROS – MG**

ALEXANDRE ALVES ARAUJO

Alexandre Alves Araujo

**IMPACTOS CAUSADOS PELAS OCORRÊNCIAS PLUVIOMÉTRICAS NO
AMBIENTE URBANO DA CIDADE DE MONTES CLAROS – MG**

Trabalho Final de Especialização apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial, para a obtenção do título de Especialista em Recursos Hídricos e Ambientais.

Orientador: Dr. Flávio Gonçalves de Oliveira

Montes Claros – MG
Instituto de Ciências Agrárias – ICA/UFMG
Dezembro de 2020

Araujo, Alexandre Alves.

A663i
2020

Impactos causados pelas ocorrências pluviométricas no ambiente urbano da cidade de Montes Claros – MG [manuscrito] / Alexandre Alves Araujo. Montes Claros, 2020.

37 f.: il.

Monografia (especialização) - Área de concentração em Recursos Hídricos e Ambientas. Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador: Flávio Gonçalves de Oliveira .

Banca examinadora: Júlia Ferreira da Silva, Luiz Henrique de Souza.

Inclui referências: f. 34-37.

1. Drenagem -- Teses. 2. Planejamento Urbano -- Teses. 3. Chuvas -- Montes Claros (MG) -- Teses. 4. Inundações -- Teses. I. Oliveira, Flávio Gonçalves de. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 628.3



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
ESPECIALIZAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAIS

FOLHA DE APROVAÇÃO

IMPACTOS CAUSADOS PELAS OCORRÊNCIAS PLUVIOMÉTRICAS NO AMBIENTE URBANO DE MONTES CLAROS – MG

ALEXANDRE ALVES ARAÚJO

Trabalho Final de Curso de Especialização (TFCE) submetido à Comissão de Avaliação designada pela Comissão de Coordenação do curso de Especialização em Recursos Hídricos e Ambientais, como requisito para obtenção do título de Especialização em Recursos Hídricos e Ambientais.

TFCE aprovado em 01 de dezembro de 2020 pela comissão de avaliação constituída pelos membros:

Flávio Gonçalves Oliveira - Orientador

ICA/UFMG

Júlia Ferreira da Silva - Avaliadora

ICA/UFMG

Luiz Henrique de Souza - Avaliador

ICA/UFMG

Montes Claros, 02 de dezembro de 2020

Dalton Rocha Pereira

Coordenador de Pós-graduação *Lato Sensu*



Documento assinado eletronicamente por Dalton Rocha Pereira, Professor Ensino Básico Técnico Tecnológico, em 02/12/2020, às 17:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 0450225 e o código CRC 963C6751.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Oleni e Onofre pelos princípios, exemplos de vida, sabedoria e também pelo estímulo e apoio a minha constante busca de conhecimentos e aprendizagem.

A minha esposa Kátia e aos meus filhos Davi e Gabriel pela compreensão, pelo incentivo, pelo diálogo.

Ao Professor Flávio Gonçalves de Oliveira, meu orientador, pela confiança, empenho, pelas sugestões, abordagens e estímulo.

Aos Professores e equipe administrativa pelo comprometimento, empenho e dedicação.

Ao meu irmão Rodrigo e minha irmã Walleska por serem extraordinárias fontes de companheirismo, amizade e apoio moral.

Muito obrigado!

RESUMO

As enchentes, também chamadas de inundações ou enxurradas, são transtornos que estão ocorrendo, atualmente, em inúmeras cidades, em função de diversos fatores, tais como a ocorrência de chuvas de grandes volumes, a urbanização crescente, desordenada e sem planejamento, a precariedade e, ao mesmo, tempo a ausência de manutenção nos sistemas de drenagens responsáveis por captar e conduzir águas pluviais, como os bueiros e canais, dentre diversos outros fatores. Com relação a Montes Claros – MG, a cidade tem sido, continuamente, agredida por enchentes em quase todos os bairros e área central da cidade. Os problemas das enchentes em Montes Claros estão relacionados com os canais que transbordam, os bueiros entupidos e uma variada quantidade de vegetação em desenvolvimento nos leitos dos canais. Também contribui para a degradação do sistema de drenagem a grande quantidade de lixo ou entulho jogada junto às margens ou nos respectivos leitos dos canais. Do mesmo modo, a urbanização, a qual tem ocorrido de forma crescente, desordenada e sem planejamento, contribui para o aumento da impermeabilização da cidade em função das pavimentações de vias públicas e das construções. Outro importante fator e com expressiva contribuição é o aumento na geração dos resíduos sólidos causado em função desse crescimento urbano e, deste modo, favorecendo para agravar, cada vez mais, os problemas relacionados com a drenagem urbana. Assim, o presente trabalho procurou mostrar, através de textos, imagens e comentários, uma visão dos impactos causados pelas ocorrências das chuvas no ambiente urbano da cidade de Montes Claros – MG e das condições do sistema de drenagem urbana, uma vez que a população e a cidade como um todo vêm, a cada ano, sofrendo diversos transtornos em consequência das enxurradas ou inundações que têm acontecido na cidade.

Palavras-Chave: Drenagem. Espaço Urbano. Enxurrada. Inundação.

ABSTRACT

Floods, also called inundations or torrents, are disorders that are currently occurring in countless cities, due to several factors, such as the occurrence of large volumes of rain, growing, disorderly, and unplanned urbanization, the precariousness and, at the same time, the absence of maintenance in drainage systems responsible for capturing and conducting rainwater, such as manholes and channels, among several other factors. With respect to Montes Claros - MG, this city has been continuously hit by floods in almost all neighborhoods as well as in central area of the city. The flooding problems in Montes Claros are related to the overflowing canals, clogged manholes, and a varied amount of growing vegetation in channel beds. Also contributing to the degradation of the drainage system is the large amount of garbage or debris thrown along the margins or in the respective channel beds. Likewise, urbanization, which has been occurring in an increasing, disordered, and unplanned way, contributes to the increase in the impermeabilization in the city due to the paving of public roads and buildings. Another important factor and with a significant contribution is the increase in the generation of solid waste caused by this urban growth and, hence, favoring to aggravate, more and more, the problems related to urban drainage. Therefore, the present work sought to show, through texts, images, and comments, a view of the impacts caused by the occurrences of rains in the urban environment of Montes Claros - MG and conditions of the urban drainage system, once its population and the city as a whole has suffered, every year, several disorders as a result of floods or inundations that have taken place in the town.

Keywords: Drainage. Urban Space. Flood. Inundation.

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – ciclo hidrológico.....	12
Figura 2 – O caminho da precipitação numa bacia urbana.....	14
Figura 3 – Localização dos córregos urbanos do município de Montes Claros - MG ...	18
Figura 4 – Histograma da precipitação pluviométrica anual referente ao período de 30 anos compreendido de 1990 a 2019	20
Figura 5 – Av. Deputado Esteves Rodrigues (Av. Sanitária) - Centro.....	23
Figura 6 – Avenida Vicente Guimarães – Augusta Mota.....	23
Figura 7 – Córrego do Bicano – Av. Vicente Guimarães.....	24
Figura 8 – Rio Vieira – Av.Sidney Chaves	25
Figura 9 – Córrego do Cintra – Ponte da Av. Minas Gerais – Bº Floresta.....	25
Figura 10 – Córrego do Melancias – Av. Antônio Lafetá Rebelo.....	26
Figura 11 – Ponto de captação de água pluvial entupido - Bueiro – Rua Irmã Beata - Centro	26
Figuras 12 – Implantação de Sarjetas drenantes.....	28
Figura 12.1 – Implantação de calçadas drenantes	29
Figura 13 – Implantação de estacionamentos drenantes	29
Figura 13.1 – Implantação de estacionamentos e Pátios drenantes.....	29
Figura 14 – Implantação de valetas e trincheiras drenantes	30
Figuras 15 – Implantação de trincheiras drenantes	30
Figura 15.1 – Implantação de valetas drenantes.....	31
Figura 16 – Implantação de reservatórios para acumulação de chuvas em espaços públicos.....	31
Figura 17 – Multiplicação dos bosques e parques na cidade.....	31
Figura 18 – Interface entre os Planos, Legislação, Gestão e o Plano Diretor	32
Figura 19 – Fluxo de Gestão Municipal da Água / Visão integrada da gestão das águas urbanas.....	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CECS	–	Centro de Estudo de Convivência com o Semiárido
FEAM	–	Fundação Estadual do Meio Ambiente
h	–	hora
ICA	–	Instituto de Ciências Agrárias
INMET	–	Instituto Nacional de Meteorologia
MMA	–	Ministério do Meio Ambiente
n	–	Número de precipitações analisadas
UFMG	–	Universidade Federal de Minas Gerais.
Unimontes	–	Universidade Estadual de Montes Claros (MG)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1	Hidrologia.....	11
2.2	O Ciclo hidrológico	11
2.3	Precipitação	13
2.4	Fatores que contribuem para a análise do escoamento das águas pluviais.....	14
2.5	Inundações / enchentes	15
2.6	A Drenagem urbana.....	16
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	17
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1	Vazão máxima	21
4.2	Condições dos canais e bueiros do sistema de drenagem.....	24
5	CONCLUSÃO	33
	REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

Para Tucci (2005) as chuvas e suas conseqüentes ações, como: enchentes, inundações e enxurradas podem trazer diversos problemas para as regiões urbanas e suas populações. A principal causa dessas enchentes, inundações e enxurradas é a intervenção provocada pela urbanização crescente, descontrolada, sem planejamento e com poucos investimentos em políticas ambientais. As cidades vão se desenvolvendo de forma desordenada e se tornando impermeáveis. É fato que a população seguirá crescendo e o território urbano se expandindo, mas é preciso que isso ocorra de forma planejada e sustentável. E os planos diretores trazem restrições de áreas, tipos de construções e outras iniciativas para abrir caminho a novos projetos urbanísticos (METZKER; CARVALHIDO, 2020).

Por isso, esse trabalho tem o objetivo de fornecer informações que possibilitem uma visão dos impactos causados pelas chuvas no ambiente urbano da cidade de Montes Claros – MG e as repetitivas inundações que são identificadas em diversos pontos da cidade. Essas inundações estão relacionadas a diversos fatores como a incapacidade da cidade suportar o volume de água devido à ocupação dos espaços inapropriados pela expansão urbana que ocorre cada vez mais em ritmo acelerado; a alta taxa de impermeabilização do solo pelo asfaltamento de vias públicas; o precário sistema de escoamento pluvial; o lixo urbano; as condições e a quantidade dos pontos de captação como bueiros; as condições físicas dos canais; mas não se resumindo a esses fatores.

No contexto urbano da cidade de Montes Claros o principal rio que cruza a cidade é o rio Vieira, acompanhado de outros córregos também importantes como: Melancias, Cintra, Bicano, Mangues e o Pai João.

De tal modo o Rio Vieira e seus afluentes sofrem a influência da malha urbana da cidade de Montes Claros e também diversos impactos que prejudicam e alteram cada vez mais as suas características naturais, como por exemplo:

- (i) As canalizações através da colocação de manilhas ou a execução de paredes em concreto nas laterais e lajes nos pisos do canal;
- (ii) A execução de asfalto em vias laterais ao leito do rio, ocasionando a impermeabilização das margens, o que impede a

infiltração da água da chuva com o comprometimento da recarga subterrânea;

- (iii) Percebe-se ao longo do trajeto desses cursos d'água um grande volume de entulhos como restos de construções, troncos de árvores, lixos variados.

Assim a finalidade deste trabalho será traçar uma visão dos impactos causados pelas ocorrências das chuvas no ambiente urbano da cidade de Montes Claros – MG e das condições do sistema de drenagem urbano, uma vez que a população e a cidade vem a cada ano sofrendo diversos transtornos em consequência das repetitivas inundações que são identificadas em diversos pontos da cidade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Hidrologia

A Hidrologia é a ciência que trata do estudo da água na natureza. É parte da Geografia Física e abrange, em especial, propriedades, fenômenos e distribuição da água na atmosfera, na superfície da Terra e no subsolo (PINTO *et al.*, 1976).

Sua importância é facilmente compreensível quando se considera o papel da água na vida humana. A correlação entre o progresso e o grau de utilização dos recursos hidráulicos evidencia o importante papel da Hidrologia na complementação dos conhecimentos necessários ao seu melhor aproveitamento. A Hidrologia de Superfície trata especialmente do escoamento superficial, ou seja, da água em movimento sobre o solo. Sua finalidade principal é o estudo dos processos físicos que tem lugar entre as precipitação e o escoamento superficial e o seu desenvolvimento ao longo dos rios (PINTO *et al.*, 1976).

2.2 O Ciclo hidrológico

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2017) o ciclo hidrológico ou ciclo da água é o movimento contínuo da água presente nos oceanos, continentes (superfície, solo e rocha) e na atmosfera. Esse movimento é alimentado pela força da gravidade e pela energia do sol, as quais provocam a evaporação das águas dos oceanos e dos continentes. Na atmosfera, formam-se as nuvens que, quando saturadas, provocam precipitações, as quais podem ser na forma de chuva, granizo, orvalho e neve.

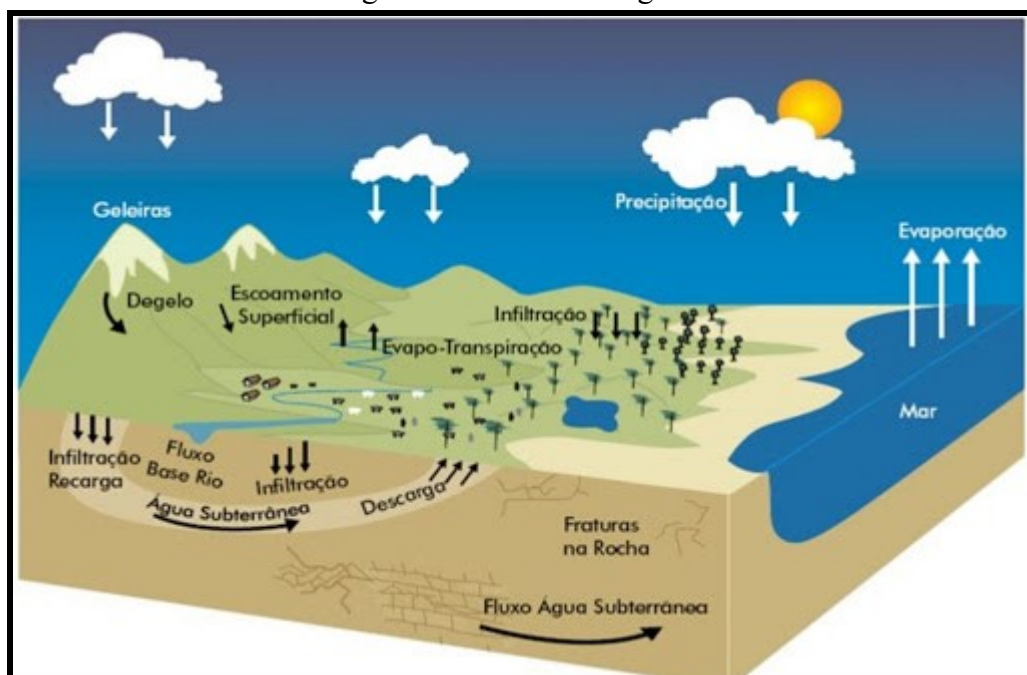
Enquanto nos continentes, a água precipitada pode seguir os diferentes caminhos, como por exemplo:

- a) Escoa sobre a superfície, nos casos em que a precipitação é maior do que a capacidade de absorção do solo;
- b) Infiltra e escorre no solo ou nas rochas, podendo formar aquíferos, aflorar na superfície na forma de nascentes pântanos, ou alimentar rios e lagos;
- c) Escoa vagarosamente entre os espaços vazios dos solos e das rochas, formando os aquíferos;

- d) Congela formando as camadas de gelo nos cumes de montanha e geleiras;
- e) Evapora retornando à atmosfera. Em adição a essa evaporação da água dos solos, rios e lagos, uma parte da água é absorvida pelas plantas. Essas, por sua vez, liberam a água para a atmosfera através da transpiração. A esse conjunto, evaporação mais transpiração, dá-se o nome de evapotranspiração.

É importante salientar que, na realidade, a água é uma só e está sempre mudando de condição, apesar das denominações de água superficial, subterrânea e atmosférica. A água que precipita na forma de chuva, neve ou granizo, já esteve no subsolo, em icebergs e passou pelos rios e oceanos. A água está sempre em movimento; é graças a isto que ocorrem: a chuva, a neve, os rios, lagos, oceanos, as nuvens e as águas subterrâneas (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2017).

Figura 1 – ciclo hidrológico



Fonte: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2017.

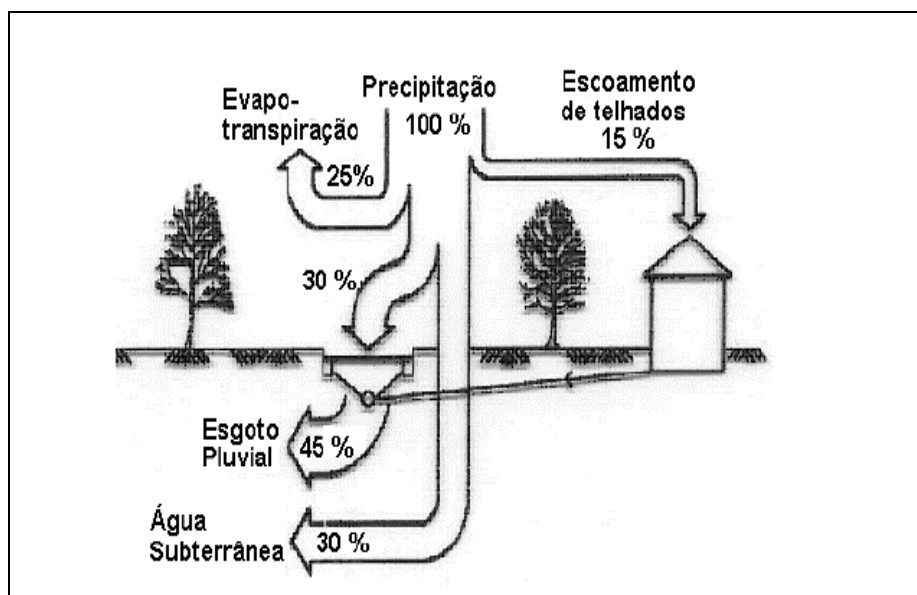
2.3 Precipitação

As precipitações acontecem no momento em que o vapor de água que se encontra nas nuvens se congela em razão da altitude, a partir dessa condensação desloca-se em direção à superfície terrestre em estado líquido ou sólido (FREITAS, 2020).

Pinto *et al.* (1976) demonstra-se que a precipitação ou quantidade de chuva pela altura de água caída e acumulada sobre uma superfície plana e impermeável. Ela é avaliada por meio de medidas executadas em pontos previamente escolhidos, utilizando-se aparelhos chamados pluviômetros ou pluviógrafos. A precipitação poderá ser proveniente do vapor de água da atmosfera depositada na superfície terrestre de qualquer forma, como chuva, granizo, orvalho, neblina, neve ou geada. Entende-se então que o volume de chuva ou a intensidade da chuva é representado pela quantidade de chuva ocorrida/precipitada por uma unidade de tempo. Existem dados pluviométricos que são anotados por longos períodos, em função da análise das chuvas ocorridas, dados esses que relacionam qual foi a intensidade, qual foi a duração e qual foi a frequência com que ocorreu a precipitação.

Portanto, uma chuva de 1 milímetro (mm) equivale ao volume de 1 litro (L) de água de chuva que se acumulou sobre uma determinada superfície de área igual a 1 metro quadrado (1m²). Isso implica dizer que, para cada metro quadrado da região houve, uma precipitação de 1 litro. Então, se ocorrer uma precipitação de 10 mm, equivalerá a dizer que para cada metro quadrado da região ocorreu uma precipitação (uma chuva) de 10 litros. (10 Litros/m²) (DE OLHO ..., 2019).

Figura 2 – O caminho da precipitação numa bacia urbana



Fonte: TUCCI, 2003, p. 90.

2.4 Fatores que contribuem para a análise do escoamento das águas pluviais

Conforme Tucci (2005), o escoamento das águas pluviais pode ser afetado por diversos fatores, como:

- Intensidade e duração das chuvas;
- Formação geográfica do terreno;
- Pela impermeabilização do terreno natural, (asfalto, passeios);
- Pelo dimensionamento dos canais, das galerias, dos pontos de captação (bueiros);
- Pela maior ou menor presença de áreas verdes (parques, passeios ou pistas, valas de escoamentos, pátios de estacionamentos executados com materiais e procedimentos favoráveis à drenagem/captação);
- Pela geração e destinação inadequada dos resíduos sólidos urbanos (lixo);
- Pelas alterações do uso do solo da bacia, ou seja, a utilização da superfície;
- Por modificações no sistema de fluxo da bacia.

Portanto, os fatores relacionados com o crescimento populacional, a ocupação urbana desordenada, a impermeabilização do terreno natural, a geração de lixo, a falta de saneamento, a falta de áreas verdes nas cidades (parques), a omissão do poder público na gestão urbana, são fatores que vão influenciar continuamente no escoamento das águas pluviais e conseqüentemente provocar constantes inundações/enchentes devido as chuvas que tem ocorrido em um único dia, cada vez mais concentradas e equivalentes ao que era esperado para ocorrer durante um mês ou até mais. Igualmente, as vazões dos rios serão cada vez maiores em volume de água como em velocidades de escoamento.

2.5 Inundações / enchentes

Conforme (Tucci, 2005) o escoamento pluvial pode produzir inundações e impactos nas áreas urbanas devido a dois processos, que ocorrem isoladamente ou combinados:

- Inundações de áreas ribeirinhas: são inundações naturais que ocorrem no leito maior dos rios devido à variabilidade temporal e espacial da precipitação e do escoamento na bacia hidrográfica; (Tucci, 2005);
- Inundações devido à urbanização: são as inundações que ocorrem na drenagem urbana devido ao efeito da impermeabilização do solo, canalização do escoamento ou obstruções ao escoamento. (Tucci, 2005).

A urbanização favorece as ocorrências e intensidades das inundações e/ou enchentes pois, o solo sofrerá profundos processos de impermeabilização onde serão implantados e executados diversas obras e meios para condução da água pluvial, como por exemplo as galerias, os canais. Também outras intervenções sobre o processo de urbanização trarão limitações ao escoamento, pois, obras de aterros serão implantadas, pontes serão construídas, haverá maior volume e intensidade de assoreamento sobre os córregos ou rios. Alguns exemplos dos impactos que surgirão em decorrência da urbanização:

- Aumento da geração de sedimentos devido à falta de proteção das superfícies e a produção/geração de grande quantidade de resíduos sólidos (lixo);
- A deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea, devido às ligações clandestinas de esgoto, a lavagem de passeios e ruas, materiais oriundos de demolições ou construções lançados em lotes vagos.

2.6 A Drenagem urbana

A drenagem urbana tem como objetivo canalizar as águas pluviais para evitar enchentes e inundações, a qual deve ser entendida como o conjunto da infraestrutura existente em uma cidade para realizar a coleta, o transporte e o lançamento final das águas superficiais, o qual deverá ser constituído por uma série de medidas que visam a minimizar os riscos a que estão expostas as populações, diminuindo os prejuízos causados pelas inundações e possibilitando o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e ambientalmente sustentável (PINTO; PINHEIRO, 2006).

De acordo com Tucci (2005), o processo de urbanização é altamente prejudicial à drenagem urbana causando desmatamento, impermeabilização dos terrenos, aumento na quantidade de lixo produzido, aumento da vazão e do volume do escoamento das chuvas/enxurradas e a ocupação das várzeas. Assim, para que a drenagem urbana seja projetada de maneira precisa, serão necessários as identificações das áreas que serão preservadas, o estudo da bacia hidrográfica de contribuição, a determinação de um período de retorno, a ocupação atual, futuros loteamentos, dentre outros fatores. Ao analisar estas questões, os meios de condução das águas pluviais, tais como as galerias, canais, bueiros, poderão ser dimensionados para suportar a capacidade exigida.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para a elaboração desse trabalho, utilizou-se pesquisa de análise qualitativa e método dedutivo, mediante procedimento exploratório bibliográfico e documental. Baseadas em análise de cartilhas técnicas, livros especializados em hidrologia e drenagem urbana. Ao mesmo tempo foram pesquisados materiais disponíveis na internet, como, por exemplo, reportagens sobre ocorrências causadas em função de chuvas no ambiente urbano de Montes Claros, divulgadas nos meios de impressas e sites institucionais¹. Do mesmo modo foram consultadas, pesquisadas e trabalhadas informações disponíveis em banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia – Inmet e em banco de dados meteorológicos organizados pela Unimontes/CECS (LAKATOS; MARCONI, 1989).

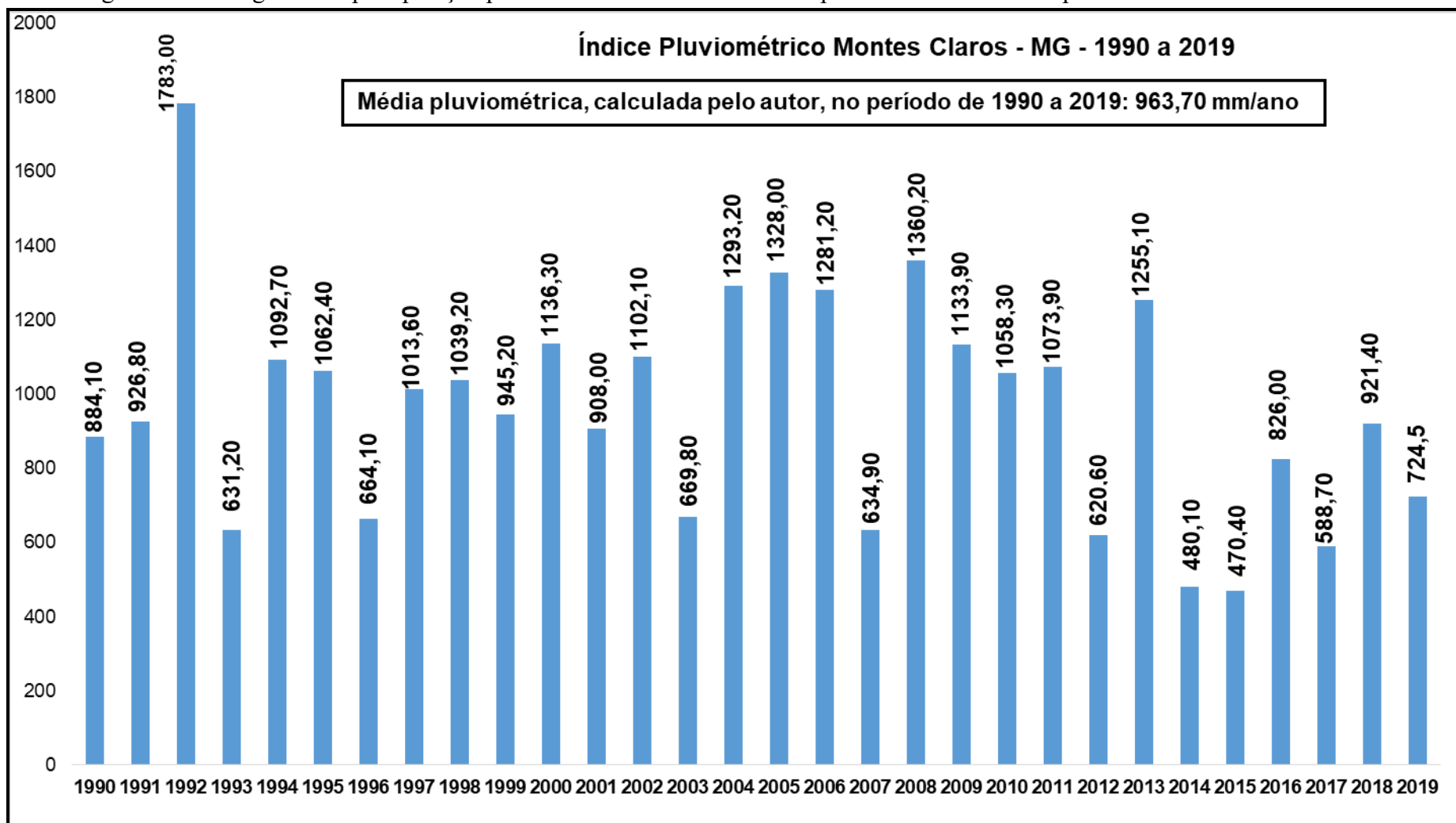
Também foram coletadas pelo autor imagens do sistema de captação e escoamento das águas pluviais como, por exemplo, bueiros e de boca de lobo localizadas em vias públicas da área central e dos bairros Todo Santos, Cintra, Vila Brasília, Edgar Pereira, São José, Santa Rita, Barcelona Park, Alcides Rabelo, Conjunto JK, Antônio Pimenta, Renascença, Funcionários, Morada do Sol, Major Prates, Augusta Mota, Santa Lucia, Independência, Alto Floresta. Igualmente o autor registrou imagens das condições dos canais e/ou leitos dos rios e/ou córregos do Cintra, Melancia, Vieira, Pai João, do Bicano, conforme Figura 3.

¹ Sites tais como: g1.com; jornaldenoticias.com.br; gazetanortemineira.com.br; aconteceu no vale.com.br; hojeemdia.com.br; em.com.br.

para a montagem do histograma e representado na Figura 4, foram trabalhados pelo autor.

A metodologia utilizada teve por finalidade assegurar que o trabalho apresentasse o máximo de informações claras e precisas, com o foco no respeito aos direitos autorais sobre todos os materiais consultados e usados como referências.

Figura 4 – Histograma da precipitação pluviométrica anual referente ao período de 30 anos compreendido de 1990 a 2019



Fonte: Adaptado de INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, [2018].

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme análise das intensidades pluviométricas anuais, em função de dados obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (2018), disponibilizadas na figura 04 e relativas ao período de 30 anos, compreendidas entre 1990 a 2019, identificam-se precipitações de grandes volumes, intensas e em curtos períodos, ocasionando expressivas lâminas de água sendo escoadas superficialmente por ruas e avenidas, trazendo contínuos transtornos para a população. Portanto, conclui-se que é a precipitação incidente em Montes Claros é uma precipitação de grandes volumes, intensa e em curtos períodos, ocasionando expressivas lâminas de água e conseqüentemente uma enorme quantidade de água sendo escoada superficialmente por ruas e avenidas, gerando prejuízos econômicos, sociais, ambientais para a população, para a administração pública. E, também, causando transtornos relacionados com a interrupção da atividade econômica na região nas áreas inundadas, contaminação por doenças de veiculação hídrica como Leptospirose, Cólera e contaminação da água pela inundação de estação de tratamento de esgoto, depósito de material tóxico, dentre outros (TUCCI, 2015).

4.1 Vazão máxima

Ter conhecimento da vazão máxima a que está exposta uma bacia ou um rio é fundamental para o estudo das possíveis intervenções de urbanizações ou obras hidráulicas que serão implantadas, objetivando, por exemplo, a prevenção de possíveis enchentes/inundações. A determinação da vazão máxima a que uma bacia ou rio estão sujeitos, pode ser efetuada através de diversos processos, como por exemplo: distribuição estatística, pela precipitação e regionalização das vazões. Quando o número de dados é insuficiente ou quando não existem dados, pode-se utilizar a regionalização de vazões ou precipitações com base nos postos da região, assim, como no caso de uma bacia que sofre modificações (TUCCI, 2001).

Como exemplo para o cálculo de uma possível estimativa de vazão máxima com base na precipitação, empregando a fórmula do Método Racional, da bacia do Rio Vieira, foram seguidas as seguintes condições:

- i. Para a intensidade da precipitação (I), serão aproveitados os dados da Figura 4, dados esses que trabalhados pelo autor, com o objetivo de determinar a respectiva média pluviométrica referente ao período de 30 anos, compreendidos entre 1990 a 2019. $(884,1+926,8+1.783+633,2+1.092,7+1062,4+664,1+1.013,6+1.039,2+945,2+1.136,3+908+1.102,1+669,8+1.293,2+1.328+1.281,2+634,9+1.360,2+1.133,9+1.058,3+1.073,9+620,6+1.255,1+480,1+470,4+826+588,7+921,4+724,5 = 28.910,90 / 30 = 963,70)$;
- ii. Portanto, a média conforme a Figura 3 e calculada pelo autor, corresponde a 963,70 mm/ano;
- iii. E como um ano possui 365 dias e um dia possui 24 horas, então: 365 dias x 24 horas correspondem a 8.760 horas anuais;
- iv. Portanto dividindo 963,70 milímetros de média de chuva anual por 8.760 horas anuais, serão obtidos o correspondente de 0,11 milímetros de chuva por hora (mm/hora);
- v. Quanto ao coeficiente de perdas (C), foi utilizado pelo autor o valor correspondente de 0,85, uma vez que as superfícies são revestidas de asfalto, conforme Tucci 2001 - Tabela 14.6 – Valores do coeficiente C (ASCE, 1969, p.542);
- vi. A área (A) da bacia do Rio Vieira em quilômetros quadrados (km²), foi considerada a informação obtida no trabalho: Análise Morfométrica da Bacia do Rio Vieira, Montes Claros – MG (ROCHA, 2015);
- vii. A equação utilizada para a determinação da vazão máxima $Q_{\max} = 0,278 * C * I * A$ (TUCCI, 2001, p. 539).

Então:

$$Q_{\max} = 0,278 * C * I * A$$

$$Q_{\max} = 0,278 * 0,85 * 0,11 * 580,1$$

$$Q_{\max} = 15,07 \text{ mm}^3/\text{h}$$

Onde:

Este valor demonstra que a vazão máxima a ser suportada pelo do Rio Vieira será de aproximadamente 15,07 mm de água por hora. Assim, as precipitações pluviométricas que incidirem na região da bacia do Rio Vieira e cujos valores venham a ser superiores a 15,07mm/hora, trarão sérios problemas para a população, como as enchentes e inundações.

A seguir serão apresentadas figuras referentes as enchentes/ inundações ocorridas em diversas regiões da cidade, em função das expressivas chuvas e das condições do sistema de drenagem e escoamento.

Figura 5 – Av. Deputado Esteves Rodrigues (Av. Sanitária) - Centro



Fonte: Do autor, 2017.

A Figura 5 conforme notícia divulgada nos sites do jornal Hoje em Dia (LOPES, 2017) e do Instituto Nacional de Meteorologia – Inmet ([2018]) identificam uma enchente entre as inúmeras que são registradas em vários pontos da cidade, em função da precariedade do sistema de drenagem urbano. Esse alagamento ocorreu no dia 08 de fevereiro de 2017, em função de uma chuva com intensidade pluviométrica de 16,4 milímetros, registrada entre 17hs e 18hs (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, [2018]).

Figura 6 – Avenida Vicente Guimarães – Augusta Mota



Fonte: APOS..., 2016.

Na Figura 6, conforme informações disponibilizadas em g1.globo.com - 2018, a chuva que causou a enxurrada registrada na Avenida Vicente Guimarães entre os bairros Morada do Sol, Augusta Mota e Funcionários, foi de 60 milímetros e durou pouco mais de uma hora. Nesse dia, conforme a reportagem do g1.globo.com-2018, choveu metade do que era esperado para todo o mês de outubro.

4.2 Condições dos canais e bueiros do sistema de drenagem

As condições dos canais e bueiros do sistema de drenagem são representadas conforme Figuras 7, 8, 9, 10, 11 abaixo, as quais foram coletadas pelo autor, serão representadas as condições dos canais, dos leitos naturais e dos pontos de coleta de água pluvial localizados no perímetro urbano da cidade de Montes Claros – MG.

Figura 7 – Córrego do Bicano – Av. Vicente Guimarães



Fonte: Do autor, 2018.

Nessa situação do córrego do Bicano, onde está localizada a Av. Vicente Guimarães, uma importante via de circulação junto aos bairros Morada do Sol, Augusta Mota e Funcionários, registra-se a precariedade que é o sistema de drenagem urbano de Montes Claros. Identificam-se diversos problemas tanto no leito quanto nas margens e pistas laterais do córrego, como a expressiva quantidade de vegetação, lixo nas margens, desmoronamento de barranco e queda dos guarda-corpos.

Figura 8 – Rio Vieira – Av.Sidney Chaves



Fonte: Do autor, 2018.

Nesta identificação registrada na Av. Sidney Chaves, o Rio Vieira, um importante rio que cruza a cidade, está com vegetação no leito, desmoronamento do barranco, a parede da estrutura do canal desmoronada.

Figura 9 – Córrego do Cintra – Ponte da Av. Minas Gerais – Alto Floresta



Fonte: Do autor, 2018.

Essa situação demonstra o leito do córrego do Cintra em trecho ainda não canalizado, localizado na Av. Minas Gerais junto aos bairros do Alto Floresta, Renascença, JK. É possível identificar a construção bem próxima a margem, muito lixo e vegetação no leito e também nas margens.

Figura 10 – Córrego do Melancias – Av. Antônio Lafeté Rebelo



Fonte: Do autor, 2018.

Essa identificação registrada na Córrego das Melancias – Av. Antônio Lafeté Rebelo - na região do bairro Santa Lúcia com bairros Monte Carmelo e Regina Peres, é uma condição recorrente nos demais canais que cruzam a cidade. É predominante a existência de vegetação de várias espécies e em diversas fases de desenvolvimento nos respectivos leitos.

Figura 11 – Ponto de captação de água pluvial entupido - Bueiro – Rua Irmã Beata - Centro



Fonte: Do autor, 2018.

Essa imagem captada na região central da cidade – Rua Irmã Beata - representa as condições precárias dos pontos de captação, bueiros e bocas de lobos. Essa situação é recorrente na drenagem urbana de Montes Claros, em função dos pontos de captação estarem entupidos por vegetação, entulhos e lixo.

Portanto o fenômeno das enchentes e ou inundações que podem estar relacionados a fatores como chuvas intensas e de grandes volumes e em curtos períodos, a impermeabilização do solo, o crescimento demográfico e a ocupação desordenada das regiões da cidade, a canalização dos rios e, também, a falta de manutenção e limpeza adequada dos pontos de captação e dos canais responsáveis pelo escoamento das águas pluviais, acontecem repetitivamente em diversos bairros da cidade como o Cintra, o Independência, o São José, Todos os Santos, Santa Lúcia, Alterosa, Vila São Francisco de Assis, Vila Greice, Santos Reis, Maracanã, Canelas, JK, Village do Lago e igualmente no centro da cidade, mas não se resumindo a esses exemplos. Conforme Myssor (2020), a expressiva e permanente mudança de hábito da população migrando do ambiente rural para o urbano, em busca de melhores oportunidades de trabalho, saúde, segurança e qualidade de vida, tem provocado um enorme desencontro entre as políticas públicas de habitação, saneamento, transportes, áreas verdes e a capacidade de acomodação dessa população no espaço urbano. Ou seja, grande parte dessa população ao chegar na cidade tem que procurar um local para morar e as vezes esse local não é necessariamente um local apropriado e seguro. As vezes esses locais inadequados para a ocupação urbana são por exemplo as áreas de várzeas, as margens de rios ou as encostas de morros (MYSSOR, 2020).

Deste modo esse descontrole no crescimento urbano acaba por colocar a população em sérios riscos quanto a segurança de suas habitações/moradias, seus bens materiais e até mesmo quanto a integridade de suas vidas. E, também, compromete a capacidade de escoamento das águas pluviais, devido a impermeabilização dos terrenos, ao aumento do lixo urbano (TUCCI, 2005); pois, sabe-se que a urbanização introduz às seguintes alterações na paisagem urbana e consequentemente no ciclo hidrológico:

- Redução da infiltração no solo, aumentando o volume de água na superfície e consequentemente aumentando o escoamento superficial. Impermeabilização (TUCCI, 2005);
- Aumento das quantidades de lixo e/ou entulho sendo jogado nas proximidades e ou leitos dos córregos, rios. Falta de coleta e/ou tratamento do esgoto (TUCCI, 2005);
- Ocupação desordenada e irregular por moradias nas proximidades e ou leitos dos córregos, rios (TUCCI, 2005).

No entanto e caso a administração municipal demonstre interesse e compromisso pela drenagem urbana, conforme análise do autor, alguns problemas poderão ser evitados e alguns benefícios poderão ser alcançados como:

- A. Com uma coleta ampla, eficiente e principalmente seletiva dos resíduos sólidos urbanos haverá uma melhora no escoamento da água;
- B. Com uma rede coletora de esgotos sanitários eficiente e abrangente em todo o espaço urbano e com manutenções preventivas e corretivas periódicas, haverá redução das doenças de veiculação hídrica (leptospirose, cólera) e, também, melhora na qualidade das águas;
- C. Controle do desmatamento e desenvolvimento imobiliário indisciplinado, como da ocupação irregular nas proximidades dos cursos d'água, pois isso, evitará erosões, assoreamento dos leitos do canais e dos córregos e redução dos picos e volumes das enchentes.

Desta maneira, havendo interesse e ações políticas poderão ser planejadas e implantadas alguns procedimentos de drenagem, as quais poderão contribuir e ajudar na redução dos impactos e problemas causados por essas chuvas de grandes volumes, de forte intensidade e em curto período. Essas possíveis técnicas ou procedimentos de drenagem estão abaixo representados pelas Figuras 12, 12.1, 13, 13.1, 14, 15, 15.1, 16, 17 (TUCCI, 2005).

Figuras 12 – Implantação de Sarjetas drenantes



Fonte: SANTOS, [201-].

Figura 12.1 – Implantação de calçadas drenantes



Fonte: SANTOS, [201-].

Figura 13 – Implantação de estacionamentos drenantes



Fonte: PINTEREST, 2018.

Figura 13.1 – Implantação de estacionamentos e Pátios drenantes.



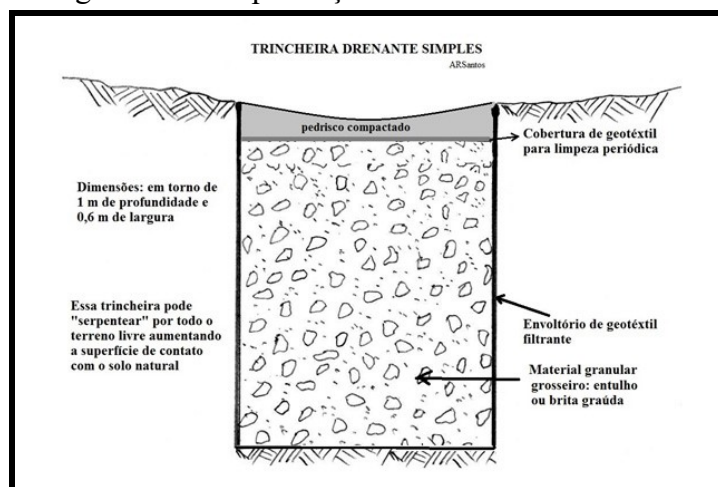
Fonte: PISOS..., 2018.

Figura 14 – Implantação de valetas e trincheiras drenantes



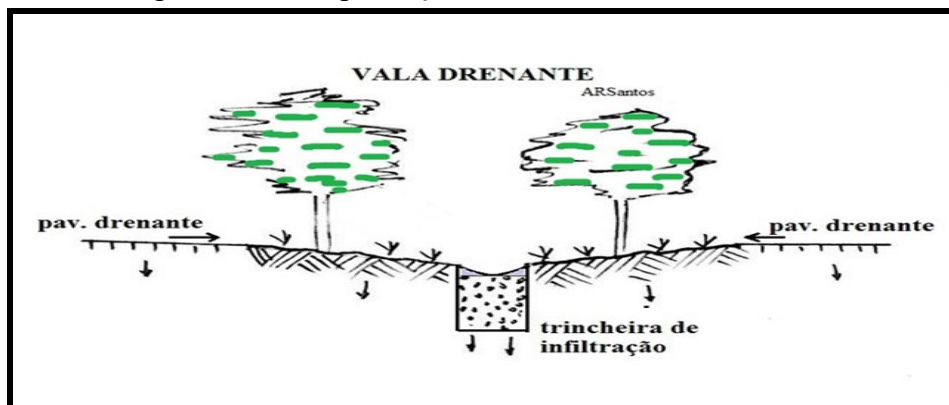
Fonte: GEOFLEX, c2017.

Figuras 15 – Implantação de trincheiras drenantes



Fonte: SANTOS, [201-].

Figura 15.1 – Implantação de valetas drenantes



Fonte: SANTOS, [201-].

Figura 16 – Implantação de reservatórios para acumulação de chuvas em espaços públicos



Fonte: MARCOS FILHO; ASCOM *apud* PARA..., 2018.

Figura 17 – Multiplicação dos bosques e parques na cidade



Fonte: ITU, 2018.

O ideal é que todos os procedimentos de drenagem apresentados, conforme Figuras 12, 12.1, 13, 13.1, 14, 15, 15.1, 16, 17, sejam analisados e conforme cada

situação implantados, pois será a soma de um número maior de procedimentos executados que apresentarão os resultados hidrológicos desejados. Para Tucci (2001) igualmente uma grande ênfase deverá ser dada ao trabalho desenvolvido em conjunto pelos diversos órgãos da administração pública municipal e ligados com o planejamento urbano municipal, onde serão tratados o plano diretor, os problemas relacionados com chuvas, inundações e/ou enxurradas e, também, com os problemas relacionados com o resíduo sólido e o desenvolvimento urbano.

Como exemplos seguem imagens de possíveis fluxogramas de gestão que agregam a participação de diversos órgãos municipais (TUCCI, 2005).

Figura 18 – Interface entre os Planos, Legislação, Gestão e o Plano Diretor



Fonte: TUCCI, 2005, p. 107.

Figura 19 – Fluxo de Gestão Municipal da Água / Visão integrada da gestão das águas urbanas



Fonte: TUCCI, 2005, p. 106.

5 CONCLUSÃO

O sistema de drenagem responsável pela captação e escoamento de água pluvial de Montes Claros é precário. Esse sistema não possui condições para receber e conduzir adequadamente as águas das chuvas, pois uma expressiva quantidade de pontos de captação estão entupidos. Igualmente nos canais de condução das águas, os quais foram implantados nos leitos dos rios, identificam-se uma extraordinária quantidade de vegetação e existem pontos em que as margens estão com processos de erosão avançado e as suas paredes desmoronando. Também, nos leitos desses canais identifica-se uma enorme quantidade de entulho e lixo.

Por essas condições a predominância em Montes Claros é de um contínuo transbordamento dos rios, córregos e canais da cidade, e conseqüentemente águas pluviais escorrendo superficialmente por ruas e/ou avenidas e por longos trechos.

REFERÊNCIAS

CAMARGO, M. R. Apostila de metodologia científica. *In*: FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. MBA. **Gerenciamento de Projetos**. Montes Claros, MG, 2012. [Arquivo do autor].

CARDOSO NETO, A. **Sistemas urbanos de drenagem**. Disponível em: https://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao_a_drenagem_urbana.pdf. Acesso em: 25 ago. 2018.

CHUVA causa transtornos para moradores de Montes Claros. **G1 Grande Minas**, 10 out. 2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/mg/grande-minas/noticia/2016/10/chuva-causa-transtornos-para-moradores-de-montes-claros.html>. Acesso em: 13 set. 2018.

CHUVA forte alaga ruas e causa estragos em Montes Claros. **Portal de Notícias Aconteceu no Vale**, 2016. Disponível em: <http://aconteceunovale.com.br/portal/?p=98766>. Acesso em: 13 set. 2018.

CHUVA forte seguida de granizo causa transtornos, em Montes Claros. **Gazeta do Norte de Minas**, 2018. Disponível em: <https://gazanortemineira.com.br/noticias/cidade/chuva-de-granizo-causa-estragos-em-varios-pontos-de-montes-claros>. Acesso em: 13 set. 2018.

CHUVA supera os 50 milímetros e alaga diversas ruas de montes claros. **G1 Grande Minas**, 26 nov. 2013. Disponível em: <http://g1.globo.com/mg/grande-minas/noticia/2013/11/chuva-supera-os-50-milimetros-e-alaga-varias-regioes-de-montes-claros.html>. Acesso em: 17 set. 2018.

DE OLHO no tempo: entenda como é calculado o volume de chuva. **Sul do Rio e Costa Verde**, 18 fev. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/sul-do-rio-costa-verde/noticia/2019/02/18/de-olho-no-tempo-entenda-como-e-calculado-o-volume-de-chuva.ghtml>. Acesso em: 10 dez. 2020.

FREITAS, Eduardo de. Chuvas e precipitações. *In*: **Brasil Escola** [site]. 2020. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/chuvas-precipitacoes.htm>. Acesso em: 14 dezembro 2020.

GEOFLEX. Proteção mecânica de membranas impermeabilizantes. *In*: **Fibratex** [site]. c2017. Disponível em: <http://fibratex.com.br/produtos/geotextil>. Acesso em: 25 ago. 2018.

IMAGENS sobre registros de fortes chuvas em Montes Claros. [2018]. Disponível em: <https://upira.com.br/novo/chuva-provoca-inundacao-e-prejuizos-em-montes-claros/>. Acesso em: 13 set. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. [BDMEP – INMET]. **Estação Montes Claros:** MG (OMM: 83437). [2018]. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/gera_serie_txt_mensal.php?&mRelEstacao=83437&btnProcesso=serie&mRelDtInicio=01/01/1970&mRelDtFim=31/03/2018&mAtributos=1. Acesso em: 25 ago. 2018.

ITU [Município]. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Parque Ecológico Taboão. In: **Itu sem igual** [site]. 2018. Disponível em: <https://itu.sp.gov.br/meio-ambiente/parque-ecologico-taboao/>. Acesso em: 25 ago. 2018.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 1989.

LISBOA, A. Chuva cai em Montes Claros e causa estragos por toda cidade. **G1 Grande Minas**, 19 jan. 2013. Disponível em: <http://g1.globo.com/mg/grande-minas/noticia/2013/01/chuva-cai-em-montes-claros-e-causa-estragos-por-toda-cidade.html>. Acesso em: 24 ago. 2018.

LOPES, L. Após estiagem, temporal inunda casas e deixa pessoas ilhadas em Montes Claros. **Hoje em Dia [jornal]**, 8 fev. 2017. Disponível em: <https://www.hojeemdia.com.br/horizontes/ap%C3%B3s-estiagem-temporal-inunda-casas-e-deixa-pessoas-ilhadas-em-montes-claros-1.444794/alagamento-av-sanit%C3%A1ria-montes-claros-1.444811>. Acesso em: 24 ago. 2018.

MARCOS FILHO; ASCOM. Foto *apud* PARA evitar alagamentos, Araguaína terá bacias de detenção da água das chuvas. In: **Conexão Tocantins** [jornal]. 2018. Disponível em: <https://conexaoto.com.br/2018/01/19/para-evitar-alagamentos-araguaina-tera-bacias-de-detencao-da-agua-das-chuvas>. Acesso em: 26 ago. 2018.

METZKER, T.; CARVALHIDO, F. Cidades impermeáveis: inovações urbanas sustentáveis. **MYR Projetos Sustentáveis**. 2020. Disponível em: <https://grupomyr.com.br/cidades-impermeaveis/>. Acesso em: 17 jul. 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Águas subterrâneas e o ciclo hidrológico**. [2017]. Disponível em: <http://www.antigo.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico>. Acesso em: 29 set. 2017.

MONTES CLAROS. **Informações geográficas sobre o município de Montes Claros**. [2018]. Disponível em: <https://portal.montesclaros.mg.gov.br/cidade/geografia>. Acesso em: 27 ago. 2018.

MYSSIOR, S. Ocupação de territórios sustentáveis: missão para os próximos governantes. In: ANDRADE, C. Sustentabilidade urbana: o desafio das grandes cidades. [Artigos]. **MYR Projetos Sustentáveis**, mar. 2020. Disponível em: <https://grupomyr.com.br/posts/sustentabilidade-urbana-o-desafio-das-grandes-cidades/>. Acesso em: 17 jul. 2020.

PARANÁ. Município de Toledo. **Manual de drenagem urbana**. Toledo, PR: Secretaria de Planejamento Estratégico, 2017. v. 1. Disponível em: https://www.toledo.pr.gov.br/sites/default/files/manual_de_drenagem_urbana_-_volume_i.pdf. Acesso em: 26 ago.2018.

PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre, RS: ABRH, 2001.

PINTO, L. H.; PINHEIRO, S. A. **Orientações básicas: para drenagem urbana**. Belo Horizonte: FEAM, 2006.

Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/arquivos/Cartilha%20Drenagem.pdf>. Acesso em: 1 set. 2018.

PINTO, N. L. S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A., GOMIDE, F. L. S. **Hidrologia básica**. São Paulo: Edgard Blucher, 1976.

Disponível em: <https://www.pinterest.es/pin/557601997600138398/>. Acesso em: 25 ago. 2018.

PINTEREST. *In:* **Pinterest** [site]. Disponível em: <https://www.pinterest.es/pin/557601997600138398/>. Acesso em: 25 ago. 2018.

PISOS permeáveis evitam inundações em lojas de hipermercado. *In:* OTERPREM: blocos e pisos intertravados de concretos. **AECweb** [site]. [2018]. Disponível em: https://www.aecweb.com.br/emp/cont/m/pisos-permeaveis-evitam-inundacoes-em-lojas-de-hipermercado_4200_19407. Acesso em: 25 ago. 2018.

[PRECIPITAÇÕES pluviométricas no município de Montes Claros no período de 1905 a 2013]. Chuvas em M. Claros, mês a mês, de 1905 a 2012, com dados do INMET, CODEVASF, DNOCS e ICA/UFGM. Disponível em: <http://montesclaros.com/chuva/>. Acesso em: 24 ago. 2018.

RIBEIRO, L. Chuva provoca inundação e prejuízos em Montes Claros. **Estado de Minas**, 8 fev. 2017. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2017/02/08/interna_gerais,845980/chuva-provoca-inundacao-e-prejuizos-em-montes-claros.shtml. Acesso em: 13 set. 2018.

ROCHA, A. M., MORAIS, G. R., LEITE, M. E. Análise morfométrica da bacia do rio Vieira, Montes Claros – MG. *In:* SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, 17., 2015, João Pessoa, PB. **Anais** [...]. João Pessoa, PB, 25 a 29 de abril de 2015.

Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p1430.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2018.

SANTOS. A. R. Enchentes urbanas: causas e soluções. **ARS Geologia**, [201-]. Disponível em: http://www.arsgeologia.com.br/artigo_enchentes_urbanas.html>. Acesso em 25 ago. 2018

TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas**. [s. l.]: Ministério das Cidades, 2005.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da drenagem urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 1, p. 5-27, jan. / mar. 2002.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS; ABRH, 2001.

TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

TUCCI, C. E. M. **Regionalização de vazões**. 1. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2002.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CLAROS – UNIMONTES. Dados meteorológicos mensais e anuais organizados pelo CECS. *In*: Centro de Estudos de Convivência com o Semiárido *apud* INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET; SUDENE, EX-SUVALE, DNOCS. **Dados meteorológicos**. [2018]. Disponível em: <http://www.cecs.unimontes.br/index.php/en/dados-meteorologicos/374-dados-meteorologicos-mensais-e-anuais-organizados-pelo-cecs>. Acesso em: 17 ago. 2018.