

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

REINALDO SANCHES DUARTE

**PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE DRENAGEM URBANA NO
MUNICÍPIO DE COLORADO-PR**

FRANCISCO BELTRÃO

2022

REINALDO SANCHES DUARTE

**PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE DRENAGEM URBANA NO
MUNICÍPIO DE COLORADO-PR**

**PROPOSAL FOR THE IMPLEMENTATION OF AN URBAN DRAINAGE SYSTEM
IN THE CITY OF COLORADO-PR**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador: Wagner de Aguiar.

FRANCISCO BELTRÃO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

REINALDO SANCHES DUARTE

**PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE DRENAGEM URBANA NO
MUNICÍPIO DE COLORADO-PR**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 27/junho/2022

Wagner de Aguiar
Professor Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Adir Silvério Cembranel
Professor Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Fernando Cesar Manosso
Professor Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

FRANCISCO BELTRÃO

2022

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, e em segundo lugar à minha família, também a todos professores e amigos da graduação.

AGRADECIMENTOS

Não há palavras para expressar a felicidade e a gratidão a Deus por ter chegado até aqui, apesar de toda dificuldade e problemas durante a graduação, não desisti, a vida acadêmica me ensinou muita coisa, não só relacionada ao curso, mas sim uma evolução do meu ser.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Wagner de Aguiar, por todo conhecimento compartilhado que me guiou nesta trajetória.

Aos meus amigos que conheci graças a faculdade.

A minha namorada Camila, que foi fundamental na reta final da graduação

A todos servidores do Campus de Francisco Beltrão.

Gostaria também de agradecer a minha família, pois foi através deles que a realização de sonho está sem concretizando.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

A urbanização e a falta de planejamento urbano são fenômenos recorrentes nas cidades brasileiras. Junto de tal aumento e da ausência de um planejamento que considere futuras áreas a serem urbanizadas, surgem diversos problemas, como é o caso da ineficiência dos sistemas de drenagem urbana, ocasionando alagamentos e diversos problemas para a população que se concentra em áreas mais baixas das cidades. Esse presente trabalho visa a partir de um levantamento do local de estudo identificar a causa dos alagamentos, com o intuito de verificar a viabilidade de uma proposta de solução a problemática. Com base na delimitação da área de contribuição, determinação dos parâmetros hidrológicos, como intensidade de chuvas e vazões, foi possível realizar um dimensionamento hidráulico, verificando a viabilidade de implantação de uma canalização no trecho proposto. Apesar da existência de dificuldade de realização de obras de drenagem para correção e implantação em áreas já urbanizadas, a implantação de um sistema de drenagem eficiente é fundamental.

Palavras-chave: planejamento urbano; drenagem urbana; alagamentos; dimensionamento hidráulico

ABSTRACT

Urbanization and the lack of urban planning are recurrent phenomena in Brazilian cities. Along with this increase and the lack of planning that considers future areas to be urbanized, several problems arise, such as the inefficiency of urban drainage systems, causing flooding and several problems for the population that is concentrated in lower areas of cities. This work aims to identify the cause of flooding from a survey of the study site, in order to verify the feasibility of a proposed solution to the problem. Based on the delimitation of the contribution area, determination of hydrological parameters, such as rainfall intensity and flow, it was possible to perform a hydraulic sizing, verifying the feasibility of implementing a canalization in the proposed stretch. Despite the difficulty in performing drainage works for correction and implementation in already urbanized areas, the implementation of an efficient drainage system is fundamental.

Keywords: urban planning ; urban drainage ; flooding; hydraulic sizing

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Escoamento superficial	18
Figura 2 - Ciclo hidrológico simplificado	19
Figura 3 - Município de Colorado - PR.....	24
Figura 4 - Local de estudo	25
Figura 5 - Local de estudo - Córrego Água da Cachoeirinha	26
Figura 6 - Modelo digital de elevação (MDE).....	27
Figura 7 - Área de contribuição total	31
Figura 8 - Evolução da área de influência em 20 anos	32
Figura 9 - Mapa Hipsométrico da área de influência.....	33
Figura 10 - Trechos da canalização proposta.....	34
Figura 11 - Trechos da canalização	35
Figura 12 - Áreas de contribuições.....	35
Figura 13 - Seção interna aduela utilizada na canalização	38
Quadro 1 – Principais componentes da microdrenagem	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tempo de concentração e informações da área de contribuição do início da canalização.....	36
Tabela 2 - Parâmetros pluviométricos.....	36
Tabela 3 - Precipitação máxima na área de influência do início da canalização	37
Tabela 4 - Vazão no início da canalização.....	37
Tabela 5 – Parâmetros hidráulicos trecho 1-2	38
Tabela 6 - Intensidade e vazão no trecho 2-3.....	39
Tabela 7 - Intensidade e vazão no trecho 3-4.....	39

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo geral	15
2.2	Objetivos específicos	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1	Urbanização brasileira	16
3.1.1	Impactos da urbanização no ciclo hidrológico	16
3.1.2	Escoamento superficial das águas pluviais urbanas	17
3.2	Drenagem urbana	19
3.2.1	Definições e importância	19
3.2.2	Microdrenagem.....	21
3.2.3	Macro-drenagem	22
3.2.4	Ineficiência dos sistemas de drenagem e seus prejuízos.....	23
4	METODOLOGIA	24
4.1	Área de estudo	24
4.2	Diagnóstico das causas dos alagamentos	25
4.3	Delimitação da área de contribuição	26
4.4	Parâmetros hidrológicos	27
4.4.1	Tempo de retorno (TR)	27
4.4.2	Tempo de concentração (Tc).....	27
4.4.3	Duração da precipitação (t).....	28
4.4.4	Intensidade da precipitação (I).....	28
4.4.5	Vazão de projeto	29
4.4.6	Coeficiente de escoamento superficial (C)	29
4.5	Dimensionamento hidráulico	30
4.5.1	Cálculo de escoamentos	30
5	RESULTADOS	31
5.1	Delimitação da área de contribuição e proposta para diagnóstico da problemática	31
5.2	Parâmetros hidrológicos	36
5.2.1	Tempo de concentração (TC).....	36
5.2.2	Duração da precipitação (t).....	36
5.2.3	Intensidade da precipitação.....	36

5.2.4	Vazão de projeto	37
5.3	Dimensionamento Hidráulico	37
5.3.1	Canalização.....	37
6	CONCLUSÃO	40
7	REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

O processo de urbanização acelerado no Brasil, que ocorreu depois da década de 1960, gerou a necessidade de modificações nas estruturas físicas das cidades brasileiras, objetivando atender ao crescimento populacional e a nova realidade do espaço urbano, a fim de mitigar os diversos problemas relacionados, principalmente, a drenagem de águas pluviais e aos consequentes processos erosivos (TUCCI, 1960). De acordo com Montes (2008) uma destas alterações essenciais foi o planejamento e desenvolvimento de sistemas de drenagem pluvial eficientes.

Com a impermeabilização do solo, há uma redução no armazenamento natural de água de uma bacia, em contrapartida, há o aumento de escoamento superficial de água, cabendo assim, implementar um sistema de drenagem a fim de recolher estas águas por meio de obras de canalização (CANHOLI, 2005).

Diante da impermeabilização quase total, das áreas urbanas, por calçadas, edificações, rua e estacionamentos, os sistemas de drenagem se tornam essenciais. Em momentos de precipitações, os sistemas de drenagem escoam o volume de água evitando alagamentos e melhorando as condições de circulação de pessoas e veículos (CANHOLI, 2005; TIEPO, 2014).

Entretanto, com a falta de planejamento, o crescimento das cidades, a ineficiência (diante da drenagem das águas pluviais) de componentes do sistema de drenagem urbano, somado a falta de manutenção em itens da microdrenagem e macrodrenagem, potencializam a ocorrência de alagamentos (BEZERRA et al, 2016). Segundo Lima (2019) entre as diversas causas dos alagamentos estão: o aumento gradativo do volume de sedimentos e do escoamento superficial; a ausência de planejamento adequado de ocupação do solo; e as infraestruturas dimensionadas inadequadamente.

Ao analisar a ocupação das bacias no processo de urbanização, observa-se, segundo Tucci (1995), que a tendência é que ela ocorra no sentido da jusante para a montante devido as características do relevo. Desse modo, a ocupação nas regiões baixas provoca, de acordo com Cruz et al (2001), além da aceleração do escoamento e o aumento do volume escoado, o crescimento dos picos de vazão da área, com a redução dos tempos de resposta e maior frequência dos alagamentos. E com a necessidade de mais áreas para ocupação ocasionadas pelo crescimento urbano, os espaços com maior declividade passam a também ser utilizados pela população,

conforme afirma Cruz et al (2012), agravando os alagamentos nas regiões de jusante, já que a ocupação de tais áreas não foram previstas nas obras executadas anteriormente.

Dentre os diversos locais atingidos por alagamentos na região Norte do estado do Paraná, alagamentos estes que se tornam de maior recorrência até mesmo em cidades de pequeno porte, como no cruzamento entre a rua Guaporé com a rua Maranhão, localizados no município de Colorado-PR. Os constantes alagamentos registrados no entorno do cruzamento geram danos à malha viária e causam estragos as residências localizadas na região, prejudicando potencialmente as famílias que residem nessa região, assim, este trabalho visa diagnosticar a problemática dos alagamentos, propondo uma canalização para drenagem pluvial.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Diagnosticar a problemática dos alagamentos no cruzamento da rua Guaporé com a rua Maranhão no município de Colorado, Estado do Paraná.

2.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar as causas dos alagamentos das ruas;
- Propor uma solução para a drenagem de águas pluviais.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Urbanização brasileira

A urbanização, definida como o processo em que a população urbana cresce em ritmos mais acelerados ultrapassando a população rural, pode ser compreendida tradicionalmente como o deslocamento da população das áreas rurais para as áreas urbanas (BRITO & SOUZA, 2005). Esse processo está ligado, de acordo com Oliveira (2019), ao desenvolvimento da civilização, industrialização, tecnologias e revolução agrícola ocasionada com a mecanização no campo e a consequente diminuição da necessidade da utilização da mão de obra humana em áreas rurais.

No Brasil, o processo de urbanização apresentou significativo crescimento a partir da segunda metade do século XX, devido aos incentivos à industrialização e à construção de uma infraestrutura industrial, parte da população da área rural migrou em busca de melhores condições de vida na cidade (MOURA, OLIVEIRA & PÊGO FILHO, 2018). Matos (2012) destaca que entre 1950 e 1960, a taxa de crescimento urbano no Brasil atingiu níveis inusitados de 5,3% ao ano, de modo que em 1950 36% da população brasileira residiam em áreas urbanas e em 1960 esse número já chegou a 45%.

Este crescente aumento da população nas cidades contribuiu para o aumento das regiões periféricas, da densidade populacional, da ocupação do solo e da exclusão social (MARICATO, 2003). Para Kauffmann e Silva (2005), esse contexto reafirma a incapacidade da política e do planejamento urbano de resolver eficientemente os impactos negativos da ação humana no meio ambiente.

3.1.1 Impactos da urbanização no ciclo hidrológico

Ao analisar os impactos do processo de urbanização no meio ambiente, observa-se a redução de áreas verdes na área urbana, o aumento da impermeabilização, a canalização de corpos d'água entre outras intervenções, que em conjunto geram significativas alterações no ciclo hidrológico (MONTERO, et al., 2016). Este ciclo, definido como “fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre” (CARVALHO & SILVA, 2006, p. 11), é afetado diretamente pelo processo de urbanização, provocando um aumento no escoamento superficial das águas pluviais e consequentemente a

diminuição no tempo de concentração na bacia, gerando sobrecarga no sistema de drenagem, tendo como consequência os alagamentos, erosões, danos a malha viária, entre outros problemas (MONTERO, et al., 2016).

O ciclo hidrológico sofre fortes alterações nas áreas urbanas. Isso ocorre devido a alteração da superfície e a canalização do escoamento, ao aumento de poluição devido à contaminação do ar e do material sólido disposto pela população (TUCCI, 2003).

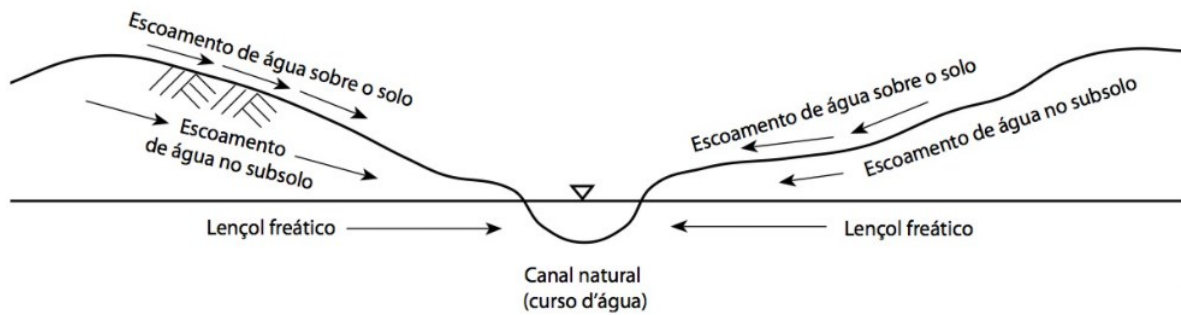
Em termos de planejamento ambiental, a urbanização deve ser feita considerando as características geológicas dos terrenos, bem como deve acontecer a implantação de infraestrutura adequada. A pavimentação e a drenagem das águas pluviais são exemplos de infraestruturas que devem ter um bom planejamento ambiental, pois quando as características geológicas do local não são levadas em consideração, o risco de acontecer acidentes geológicos, como a erosão acelerada, alagamentos e inundações, entre outros, é muito maior (BERTÉ, 2009).

3.1.2 Escoamento superficial das águas pluviais urbanas

O crescimento populacional e o processo de urbanização desencadearam, segundo Júnior e Santos (2013), inúmeras consequências no meio ambiente, principalmente nos cursos hídricos, nos ciclos hidrológicos, nas variações climáticas, nas cheias naturais dos rios e córregos e no solo por meio dos usos e ocupações indevidas e/ou inadequadas. De acordo com Melo (2021), algumas outras alterações também são observadas, como a impermeabilização do solo, desmatamento da vegetação, ocupação das várzeas, estruturação do sistema viário em locais baixos, erosão e assoreamento, lixo, poluição, retificação e canalização de rios. Desse modo, problemas de infraestrutura foram gerados, principalmente em relação a drenagem de águas pluviais.

Segundo Miguez (2015), o escoamento superficial é a parcela do ciclo hidrológico que escoar sobre as superfícies, concentrando-se nos talwegues e rios, originando às cheias nas bacias hidrográficas (Figura 1). O processo de urbanização modifica os padrões de uso do solo, geralmente acaba por agravar as enchentes urbanas, devido a maior disponibilização de escoamentos superficiais. Esse processo resulta em incremento de vazões de pico, redução de vazões de base, redução do tempo de concentração da bacia e perda de ecossistemas fluviais (CANHOLI, 2005)

Figura 1 – escoamento superficial



Fonte: Gribbin, (2014, pág. 162)

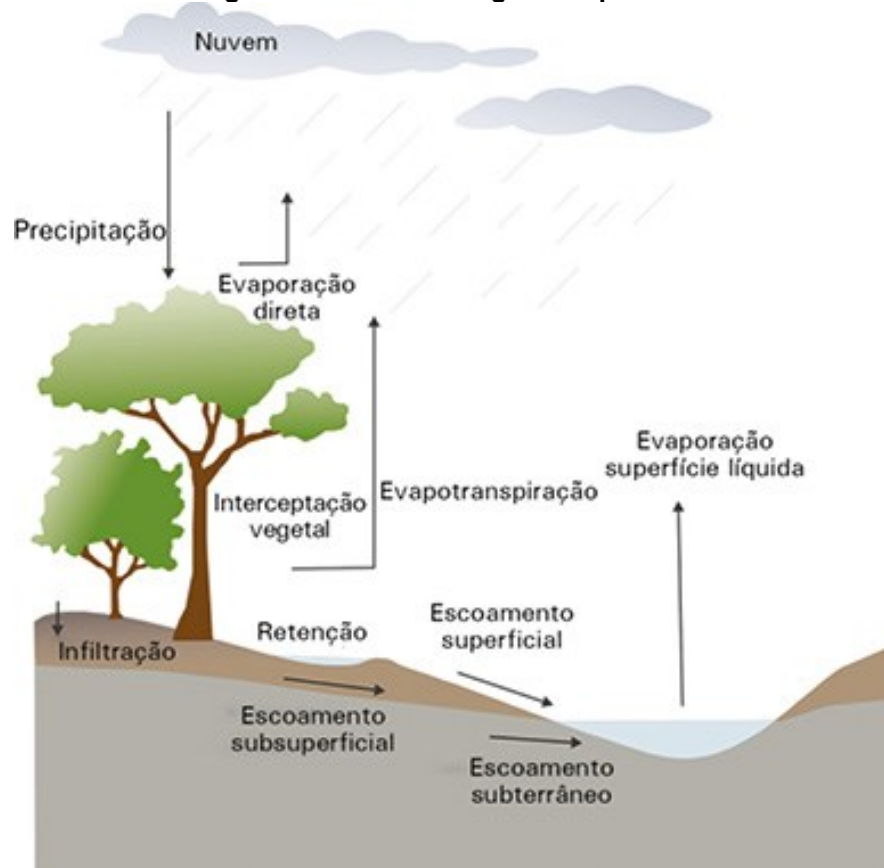
A gestão das águas pluviais dentro do espaço urbano é fundamental para evitar os problemas citados decorrentes do crescimento urbano desordenado (MARQUES, 2019). Neste contexto, o escoamento superficial é um segmento do ciclo hidrológico essencial para o projeto de obras de engenharia, dimensionadas de modo a suportar as vazões máximas decorrentes do escoamento superficial (RIGHETTO, 2009).

Segundo a Fundação Nacional de Saúde – FUNASA (2016), o escoamento superficial possui relação direta com fatores da impermeabilização dos solos, ou seja, quanto maior a sua impermeabilização, menor será a capacidade de absorção das águas pelo solo e conseqüentemente maior será o volume de escoamento.

No processo natural da água (ciclo hidrológico), após a precipitação, uma parte da água evapora, outra percorre a superfície da terra (escoamento superficial), outra parte reabastece os aquíferos subterrâneos se infiltrando no solo nas áreas da bacia de captação, e uma última parcela é absorvida pela flora e fauna (CORGHI, 2014). Considerando que a cobertura vegetal barra o escoamento das águas pluviais, facilitando a infiltração, e que as coberturas asfálticas dificultam a absorção da água pelo solo, as inundações podem ser potencializadas ou reduzidas de acordo com a cobertura existente na área de captação da bacia (GABAN & RODGHER, 2018).

Na Figura (2) é apresentado um esquema simplificado do ciclo hidrológico, sendo destacado também o escoamento superficial dentro desse processo.

Figura 2 - Ciclo hidrológico simplificado



Fonte: Miguez, (2015, pág. 20)

3.2 Drenagem urbana

A expansão urbana é um processo que necessita de planejamento para garantir a qualidade de vida da população, inclusive no que se refere aos recursos hídricos (SANTOS, RUFINO & BARROS, 2017). Assim, surge a necessidade de sistemas de drenagem urbana eficientes que, aliado ao uso e ocupação adequados do solo, contribuirá para melhorar as condições de saneamento, qualidade do meio ambiente e urbano, e redução de perdas econômicas (BEZERRA, 2016).

3.2.1 Definições e importância

O crescimento e o desenvolvimento das cidades, quando realizado de forma planejada, consideram, dentre os parâmetros relevantes, o planejamento e estruturação da drenagem urbana. O termo drenagem designa as instalações destinadas a escoar o excesso de água em rodovias, zona rural ou malha urbana (NETO, 1998). Já a drenagem urbana é compreendida como um conjunto de ações

que tem como propósito minimizar os riscos que as populações estão submetidas, reduzir os prejuízos causados por inundações e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável (TUCCI, 1993).

Percebe-se que com a pavimentação asfáltica, calçadas construídas e as próprias construções urbanas (residenciais, comerciais e industriais) a área disponível para infiltração da água no solo são significativamente reduzidas. Assim, nestes cenários, é essencial que haja alternativas para o escoamento da água pluvial, ou seja, um sistema de drenagem eficiente (PIRES et al, 2019).

De acordo com Bellé (2011), para que a drenagem urbana seja eficiente, precisa-se saber que ela funciona como um auxílio à drenagem natural e que seu funcionamento é não contínuo, variando de acordo com a frequência das chuvas. Para o gerenciamento das águas pluviais de forma sustentável é necessário, a aplicação de medidas estruturais (galerias, bocas de lobo e valetas) e não-estruturais, como o mapeamento das áreas de risco, programas de conscientização da população e zoneamento urbano (TUCCI, 1993).

Kipper (2015), completa dizendo que a drenagem urbana não se restringe apenas a engenharia, ela envolve também a arquitetura, planejamento, assistência social, entre outros, pois a ausência de um sistema de drenagem eficiente acarreta fortes consequências à toda a sociedade, necessitando assim de colaboração e conscientização desta como um todo.

Segundo Botelho (2017), objetiva-se através da implantação de sistemas de drenagem:

- Assegurar o trânsito de pedestres e veículos;
- Controlar as erosões;
- Proteger as propriedades localizadas em áreas sujeitas a inundações e erosões e conseqüentemente, os cidadãos;
- Proteger logradouros e vias públicas;
- Proteger e preservar os fundos de vales e os cursos de água;
- Eliminar a proliferação de doenças e áreas insalubres.

Para estudar e planejar o sistema de drenagem urbano é necessário considerar os dois subsistemas englobados por ele: a microdrenagem e a macrodrenagem.

3.2.2 Microdrenagem

A microdrenagem urbana, definida por Tucci (2003) como um sistema de condutos pluviais a nível de loteamento ou de rede primária urbana, é composta, segundo Marques (2019), por bueiros, bocas de lobo, caixas ralo, entre outros... Esse sistema está localizado em sarjetas e meios fios, tendo como função a captação e condução da água escoada da chuva para a macrodrenagem (MARQUES, 2019).

Alguns fatores são determinantes para o funcionamento eficaz do sistema de microdrenagem. Segundo, Farias (2017), a realização cuidadosa das obras de pavimentação de ruas e construção de guias, além da manutenção permanente de bocas de lobo e galerias, são determinantes para o bom funcionamento da microdrenagem. De acordo com Silva e Galvão (2010), a falta de manutenção e de remoção dos resíduos sólidos em canais de transporte das águas pluviais pode ocasionar obstruções, perdendo assim a sua eficácia e podendo até mesmo transmitir doenças e gerar poluição ambiental.

Conforme afirma Kipper (2019), o método que mais costuma ser utilizado na microdrenagem é através das canalizações, em que elas transportam as águas a fim de escoá-las rapidamente a jusante. Este método de drenagem por canalizações inicia com a captação da água por meio das sarjetas (valetas), a água é então conduzida até as bocas de lobo e transferida as canalizações subterrâneas que “irão aumentando seu diâmetro de acordo com a demanda, e levando o excesso de escoamento sempre a jusante até um destino final” (KIPPER, 2019, p. 25).

Segundo Neto (1993) e Júnior (2014), os principais componentes que formam o sistema de microdrenagem, estão presentes no Quadro 1:

Quadro 1 – Principais componentes da microdrenagem

Galeria	Canalizações públicas usadas para conduzir as águas pluviais provenientes das bocas de lobo e das ligações privadas
Poço de Visita	Dispositivos localizados em pontos convenientes do sistema de galerias para permitirem mudanças de direção, mudança de declividade, mudança de diâmetro e inspeção e limpeza das canalizações
Trecho	Porção da galeria situada entre dois poços de visita
Bocas de lobo	Dispositivos localizados em pontos convenientes, nas sarjetas, para captação das águas pluviais

Tubos de ligação	São tubulações destinadas a conduzir as águas pluviais captadas nas bocas de lobo para as galerias ou poços de visita
Meios-fios ou Guias	São formados por blocos de concreto ou de pedra, normalmente pré-moldado, situados entre o passeio e o leito carroçável (ruas, avenidas, rodovias), delimitando ambos, com sua face superior nivelada com o passeio, formando uma faixa paralela ao eixo da via pública.
Sarjetas	São faixas formadas pelo limite da via pública com os meios-fio, feitas de concreto simples ou granito e argamassa, são utilizadas para a fixação das guias e para formar o local por onde a água irá escoar (calha), coleta as águas pluviais oriundas da rua e conduzindo-as até os pontos de coleta.
Sarjetões	Calhas localizadas no cruzamento de vias públicas formadas pela sua própria pavimentação e destinadas a orientar o escoamento das águas sobre as sarjetas
Conduitos forçados	Obras destinadas à condução das águas superficiais coletadas de maneira segura e eficiente, sem preencher completamente a seção transversal do conduto
Estações de bombeamento	Obras destinadas à condução das águas superficiais coletadas de maneira segura e eficiente, sem preencher completamente a seção transversal do conduto

Fonte: Adaptado de Neto (1993) e Júnior (2014)

3.2.3 Macrodrenagem

O sistema de macrodrenagem, segundo Miguez (2015) é a seção de escoamento responsável por receber o escoamento das precipitações sobre a superfície urbana, captadas pela microdrenagem, e conduzidas, na escala da bacia, para a rede principal de galerias e canais a céu aberto. Conforme afirma FUNASA (2016), este tipo de drenagem comporta obras de grande porte, já que promove a retirada do excesso de água do solo em áreas relativamente grandes.

Segundo, Silva e Galvão (2010) e FUNASA (2016), a macrodrenagem é natural, existindo mesmo quando não projetada, e é constituída pelos canais, rios, lagos, lagoas e córregos. O seu sistema recebe água de diversos componentes da microdrenagem, suportando precipitações maiores em relação a microdrenagem (JÚNIOR, 2014).

Além dos componentes naturais citados, a macrodrenagem engloba também itens artificiais, construídos ou executados, de acordo com a necessidade de drenagem apresentada. Segundo FUNASA (2016), são eles: as galerias de grandes

dimensões, canais artificiais, modificação morfológica de canais naturais, reservatórios de retenção e estruturas auxiliares de controle.

3.2.4 Ineficiência dos sistemas de drenagem e seus prejuízos

No geral, as cidades brasileiras têm sofrido com a ineficiência dos sistemas de drenagem urbana, com diversos prejuízos materiais e risco à saúde à vida da população (SOUZA, MORAES e BORJA, 2013). Quando a capacidade de escoamento dos sistemas de drenagem é extrapolada, em decorrência de precipitações intensas, há o conseqüente acúmulo de água em ruas, calçadas, ou outras infraestruturas urbanas, gerando o chamado alagamento (COBRADE, 2012).

Segundo o Perfil dos Municípios Brasileiros, no ano de 2017, 93% dos municípios brasileiros com mais de 500 mil habitantes foram atingidos por alagamentos (IBGE, 2018). Além de causar incômodo nas populações e colocá-los em situação de risco, os alagamentos geram diversos prejuízos financeiros e materiais (PENA, 2022)

Além disso, a saúde pública é diretamente afetada, a população é exposta a traumas físicos, psicológicos, doenças como dengue, Hepatite A, leptospirose, entre outras. Casas e comércios são tomados por intenso volume de água, motoristas são surpreendidos em suas rotas, serviços essenciais têm seu fornecimento interrompido e a infraestrutura de vias públicas são danificadas. Estes alagamentos causam um prejuízo ainda maior quando resultantes da combinação de vários fatores como: exposição ao perigo, condições de vulnerabilidade existentes e a insuficiente capacidade de reduzir ou lidar com potenciais conseqüências negativas (UNISDR, 2009).

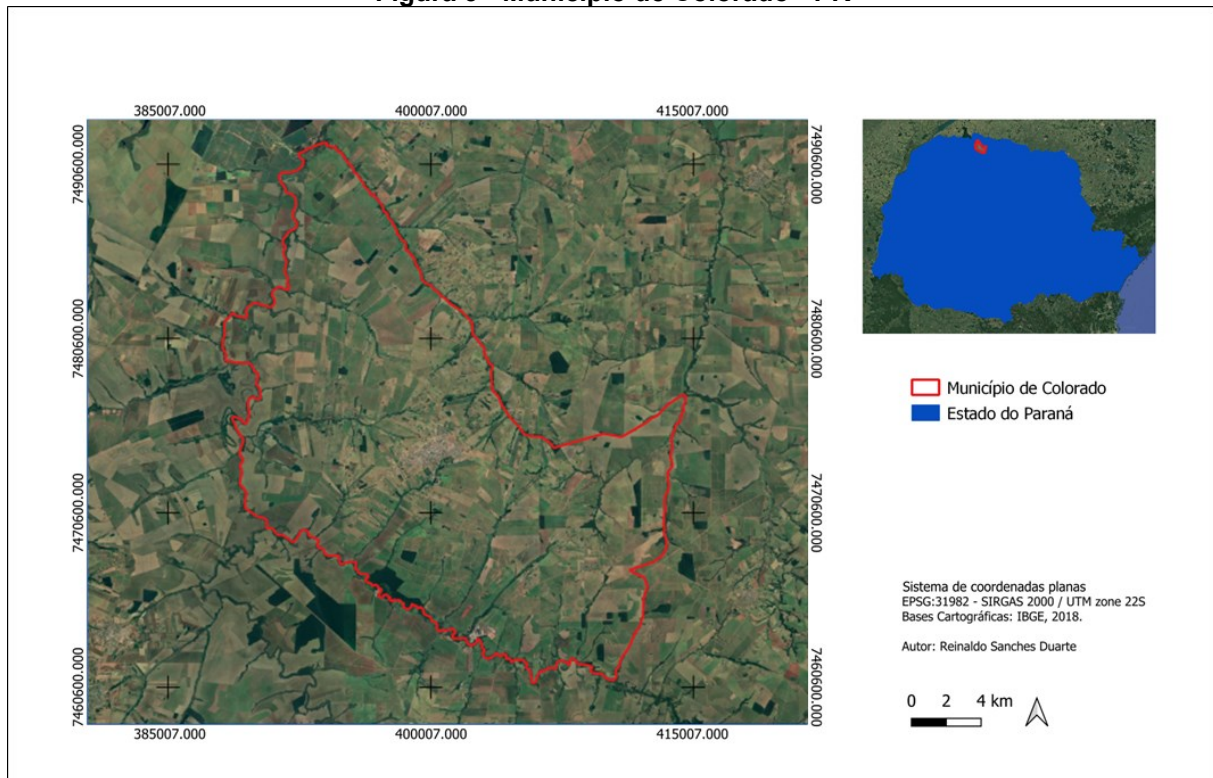
Segundo Souza, Moraes e Borja (2013), as falhas no sistema de drenagem com a ausência ou insuficiência de redes, são ocasionadas pela falta de um planejamento sistemático de drenagem, uma vez que são tratados apenas como um acessório do sistema viário, tendo seu planejamento, execução e gestão vinculados aos órgãos municipais de obras.

4 METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

A área de estudo do presente trabalho pertence ao município de Colorado, localizado no Norte do estado do Paraná, como pode ser observado na Figura (3).

Figura 3 - Município de Colorado - PR



Fonte: Autor (2021)

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2020) Colorado possui uma área total de 407,568 km² e uma população estimada em 24.145 habitantes. O município apresenta 62,9% de domicílios com esgotamento sanitário adequado.

Podemos observar na Figura (4), o cruzamento das ruas Guaporé e Maranhão onde registra-se os constantes alagamentos, passando por uma manutenção após um período de chuvas, onde formou-se um buraco que obstruiu o fluxo de veículos nas vias.

Figura 4 - Local de estudo



Fonte: Autor (2022)

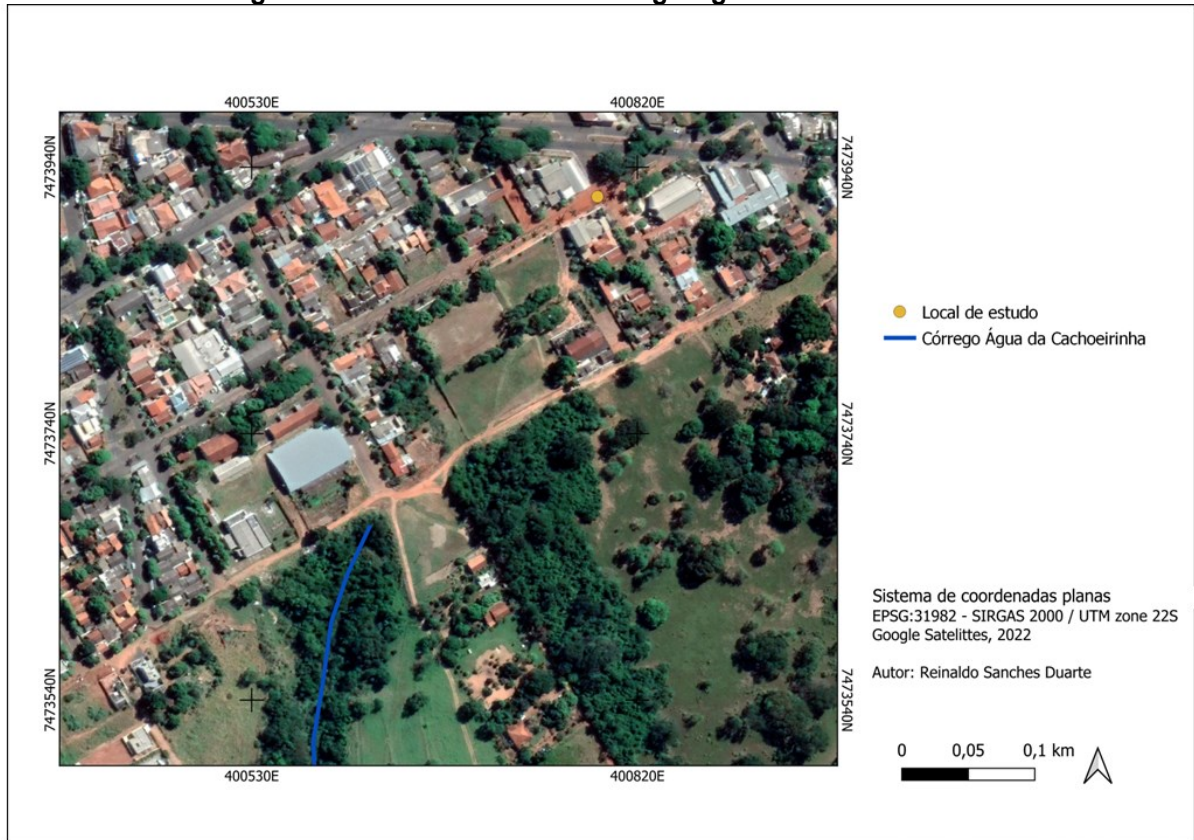
4.2 Diagnóstico das causas dos alagamentos

Devido à falta de informações do sistema de drenagem de águas pluviais existente na localidade, junto a prefeitura e o departamento de obras do município, verifica-se que no local de estudo, se situa em uma região mais baixa, e não possui um sistema de drenagem adequado e capaz de drenar grandes vazões.

Levando em consideração que a área em questão tem um alto grau de urbanização, visou-se uma proposta de solução que gere menores impactos a população e que seja eficiente na solução da problemática dos alagamentos.

Tendo em vista que próximo ao local da problemática, existe o córrego Água da Cachoeirinha (Figura 5), determinou-se a melhor solução.

Figura 5 - Local de estudo - Córrego Água da Cachoeirinha

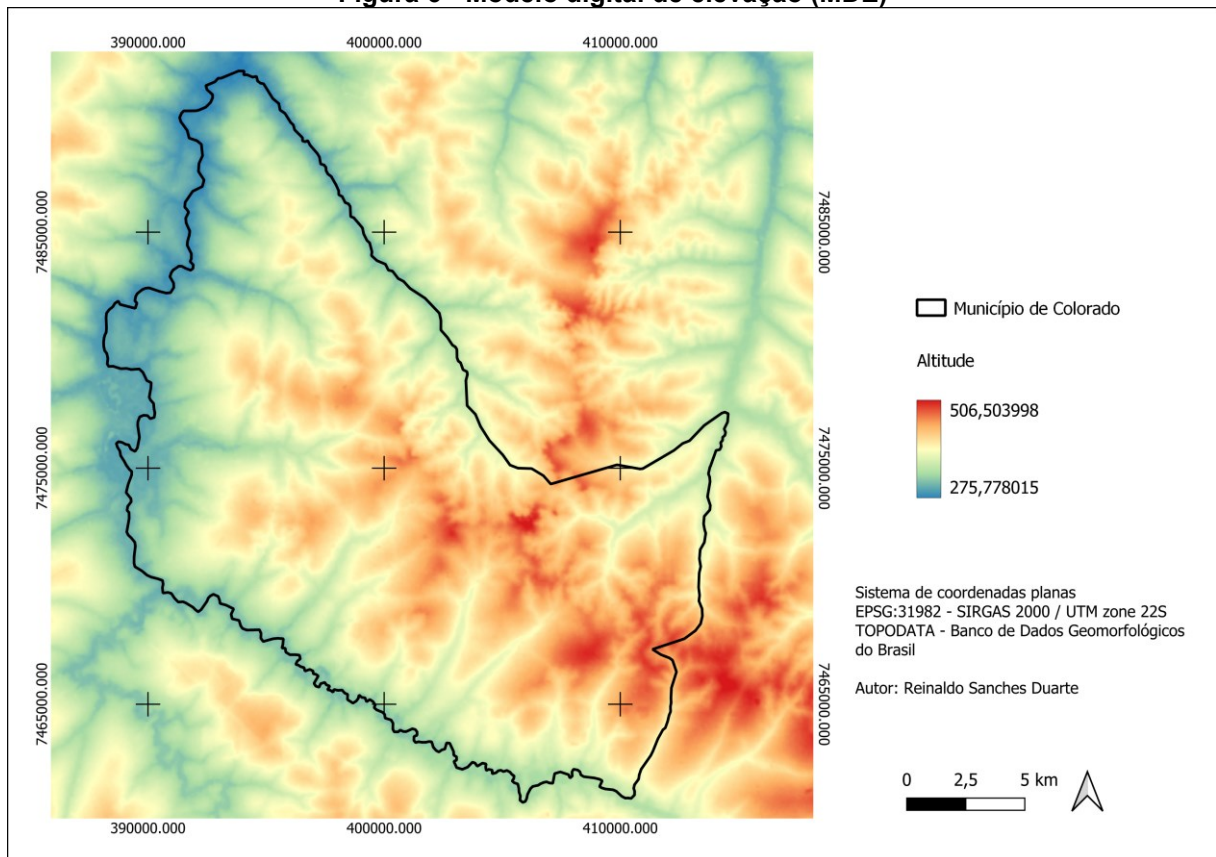


Fonte: Autor (2022)

4.3 Delimitação da área de contribuição

Utilizando como base o Modelo Digital de Elevação (MDE) do Banco de Dados Geomorfológicos do Brasil, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (TOPODATA) e com auxílio do software QGIS e a ferramenta GRASS, obteve inicialmente o MDE do município de Colorado – PR (Figura 6), e também a base dos dados altimétricos fundamentais para delimitação da área de contribuição do local de estudo.

Figura 6 - Modelo digital de elevação (MDE)



Fonte: Autor (2022)

4.4 Parâmetros hidrológicos

4.4.1 Tempo de retorno (T_R)

O tempo de retorno (T_R) está diretamente relacionado com risco assumido de falha de obra, é o tempo médio em anos, que um evento pode voltar a ocorrer ou ser superado. Utilizou-se o tempo de retorno (T_R) = 25 anos, valor recomendado pelo Ministério das Cidades para projetos de macrodrenagem urbana (MIGUEZ, 2015).

4.4.2 Tempo de concentração (T_c)

O tempo de concentração pode ser definido como o tempo necessário para uma gota d'água caminhar superficialmente do ponto mais distante da bacia até o seu exutório (MCCUEN et al, 1984). Em resumo, é o tempo entre o fim da chuva efetiva e o fim do escoamento superficial direto.

Utilizou-se no cálculo do tempo de concentração (T_c) a formula de Carter, que Segundo Silveira (2005) leva a resultados satisfatórios quando aplicada a bacias

urbanizadas com área entre 0,02 e 10,70 km², pois em seu estudo, nessas condições, apresentou um erro médio de apenas 1%.

A seguir, apresenta-se a formula de Carter (1961) (Equação 1) adaptada para o cálculo do tempo de concentração, conforme utilizada por Silveira (2005):

$$T_c = 0,0977 \cdot L^{0,6} \cdot S^{-0,3} \quad (1)$$

Onde, T_c = Tempo de concentração (horas), L = Comprimento do talvegue (Km) e S = Declividade média da bacia de influência (m/m).

Para o cálculo do tempo de concentração T_c das áreas de contribuição a jusante do ponto do estudo, utilizara-se da Equação (2) da velocidade média, isolando a variável tempo, temos a Equação (3), onde, calcula-se o T_c em função do tamanho da canalização pela velocidade do escoamento.

$$V = \left(\frac{\Delta_s}{\Delta_t} \right) \quad (2)$$

Isolando a variável tempo, temos:

$$\Delta_t = \left(\frac{\Delta_s}{V} \right) \quad (3)$$

Onde, Δ_t = variação de tempo em segundos, Δ_s = variação de espaço em metros e V = velocidade em m/s.

4.4.3 Duração da precipitação (t)

No método racional a duração da precipitação (t) da bacia é igualado ao tempo de concentração (T_c), com objetivo de se conhecer o comportamento da bacia de influência diante de uma precipitação quando toda a bacia esteja contribuindo na vazão, ou seja, decorrido o tempo de concentração após o início da chuva (CANHOLI, 2005).

4.4.4 Intensidade da precipitação (I)

Para determinação da precipitação máxima (I), utilizou-se a equação (4), proposta por Otto Pfafstetter (1982), que é calculada em função do Tempo de Retorno (T_R), duração da precipitação (t) que é igual ao tempo de concentração (T_c) e dos

parâmetros locais do município de Colorado-PR, k , a , b e c disponibilizados pelo software Plúvio.

$$I_{MAX} = \frac{k \cdot T_R^a}{(t + b)^c} \quad (4)$$

Onde, I_{MAX} = intensidade máxima da precipitação, (T_R) = tempo de retorno, (t) = duração da precipitação e k , a , b e c = parâmetros locais.

4.4.5 Vazão de projeto

Para determinação da vazão de projeto utilizou-se do Método Racional, que segundo Tucci (2004) e Pinto et al. (1973) é adequado para áreas de 2 a 5 km², esse método leva em consideração a duração da precipitação máxima de projeto igual ao tempo de concentração da bacia e considera um coeficiente de escoamento médio (C), estimado levando em consideração as características da bacia e também não avalia o volume da cheia e a distribuição temporal das vazões (BIDONE; TUCCI, 2015, p. 85).

O Método Racional é definido pela Equação (5):

$$Q_{MAX} = 0,278 \cdot C \cdot I_{MAX} \cdot A \quad (5)$$

Onde, Q_{MAX} = vazão máxima (m³/s), C = coeficiente de escoamento superficial, I_{MAX} = máxima intensidade da precipitação (mm/h) e A = área da bacia contribuinte em km².

4.4.6 Coeficiente de escoamento superficial (C)

O escoamento superficial corresponde a uma parcela do ciclo hidrológico que escoar sobre a superfície do solo. No Método Racional o coeficiente de escoamento depende das características do solo, da cobertura e do tipo de ocupação (BIDONE; TUCCI, 2015, p. 87).

Visando uma total urbanização da área futuramente utilizou-se o valor recomendado por Tucci (1993) para áreas centrais, densamente construídas, com ruas e calçadas pavimentadas ($C = 0,95$), onde o escoamento superficial é maior.

4.5 Dimensionamento hidráulico

4.5.1 Cálculo de escoamentos

A partir do diagnóstico das causas dos alagamentos e da aquisição dos parâmetros hidrológicos, utiliza-se como base para os cálculos de vazão e velocidade dos escoamentos, a fórmula de Manning (Equação 6), levando em consideração um coeficiente de rugosidade para superfícies de concreto alisado ($n=0,013$).

$$Q = \frac{1}{0,013} \cdot A_m \cdot R_H^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

Onde, Q = vazão em m^3/s , (n) = coeficiente de rugosidade global, A_m = área molhada do canal (m^2), R_H = raio hidráulico (m) e I = declividade do canal (m/m).

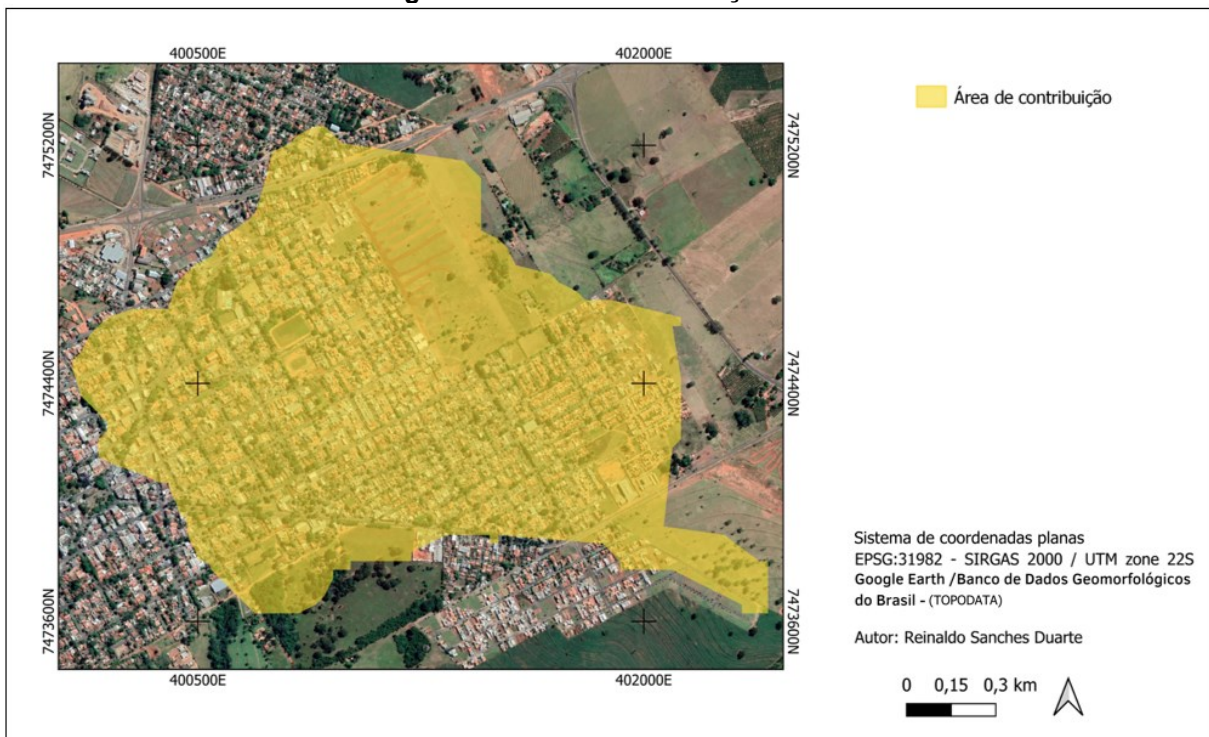
5 RESULTADOS

5.1 Delimitação da área de contribuição e proposta para diagnóstico da problemática

Utilizando de análises *in-loco* e do modelo digital de elevação (MDE) região de estudo, sugere-se a implantação de uma canalização a partir do local da problemática, até o córrego Água da Cachoeirinha, levando em consideração a declividade natural, a urbanização e um menor impacto aos moradores é a maneira mais viável para a solução dos alagamentos.

Delimitou-se também com o software QGIS a área de contribuição, que tem 2,1742 km², a partir do ponto final da canalização, o córrego Água da Cachoeirinha (Figura 7).

Figura 7 - Área de contribuição total



Fonte: Autor (2022)

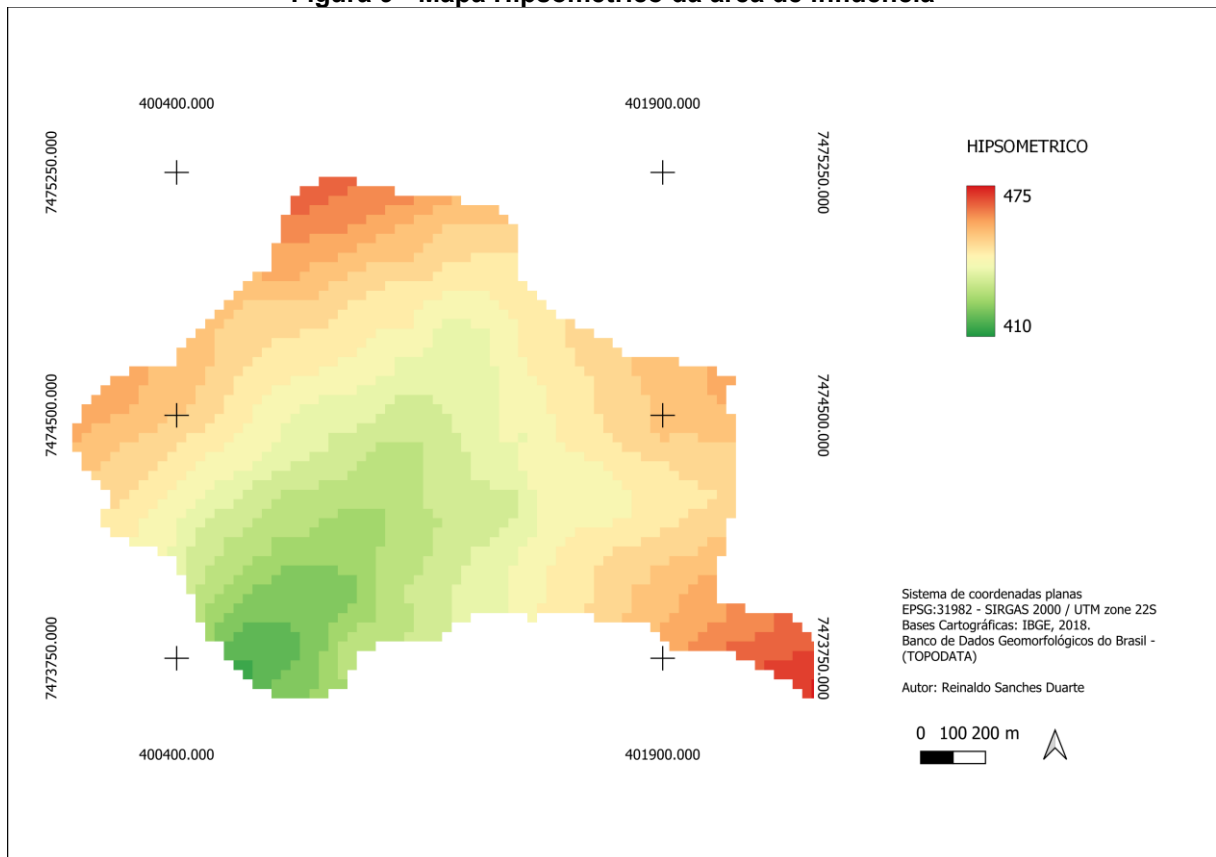
Utilizando do Google Earth observou um aumento de 13% em 20 anos (Figura 8) das edificações, conseqüentemente o aumento da impermeabilização da área de contribuição, influenciando diretamente as vazões de pico e os alagamentos observados.

Figura 8 - Evolução da área de influência em 20 anos



Fonte: Google Earth (2022)

Com a área de contribuição delimitada, obteve-se o mapa Hipsométrico, onde é possível visualizar a declividade natural da área (Figura 9).

Figura 9 - Mapa Hipsométrico da área de influência

Fonte: Autor (2022)

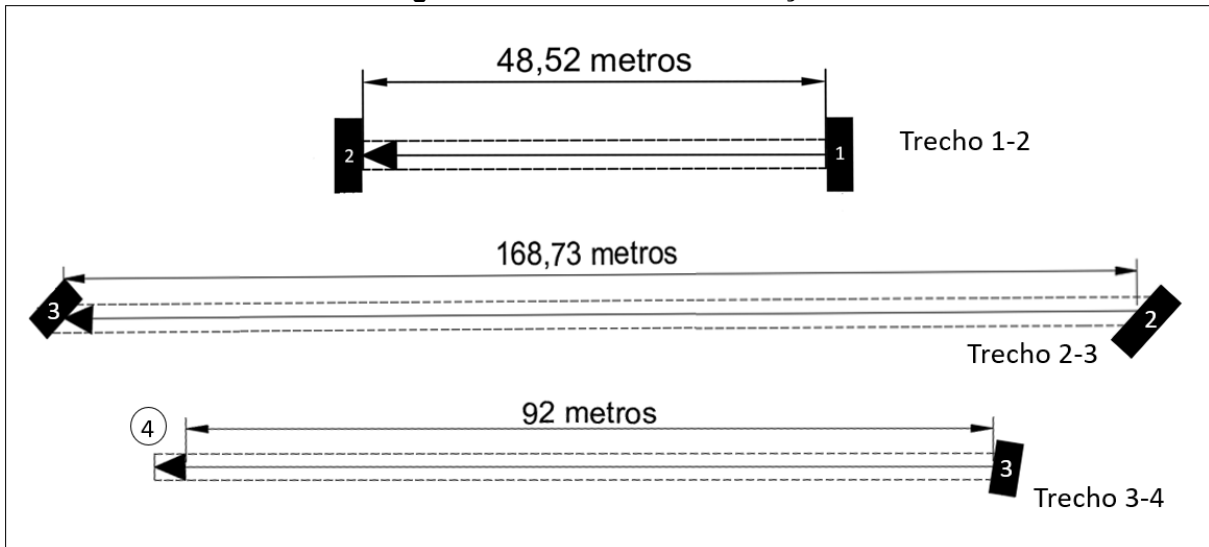
A partir do ponto inicial da canalização, localizado onde registra-se os constantes alagamentos, e o ponto de disposição final, o córrego Água da Cachoeirinha, delimitou o melhor percurso para a canalização, considerando as características locais e um menor impacto aos moradores da região (Figura 10).

Figura 10 - Trechos da canalização proposta

Fonte: Autor (2022)

Com a proposta do trecho da canalização definida, nos pontos onde temos mudança de direção, recomenda-se a instalação de poços de visita, necessários para realizar a conexão das galerias de águas pluviais e das bocas de lobo responsáveis por drenar a vazão das respectivas áreas de contribuição dos diferentes trechos da canalização. Obteve-se também o tamanho dos diferentes trechos, como pode-se observar na Figura (11).

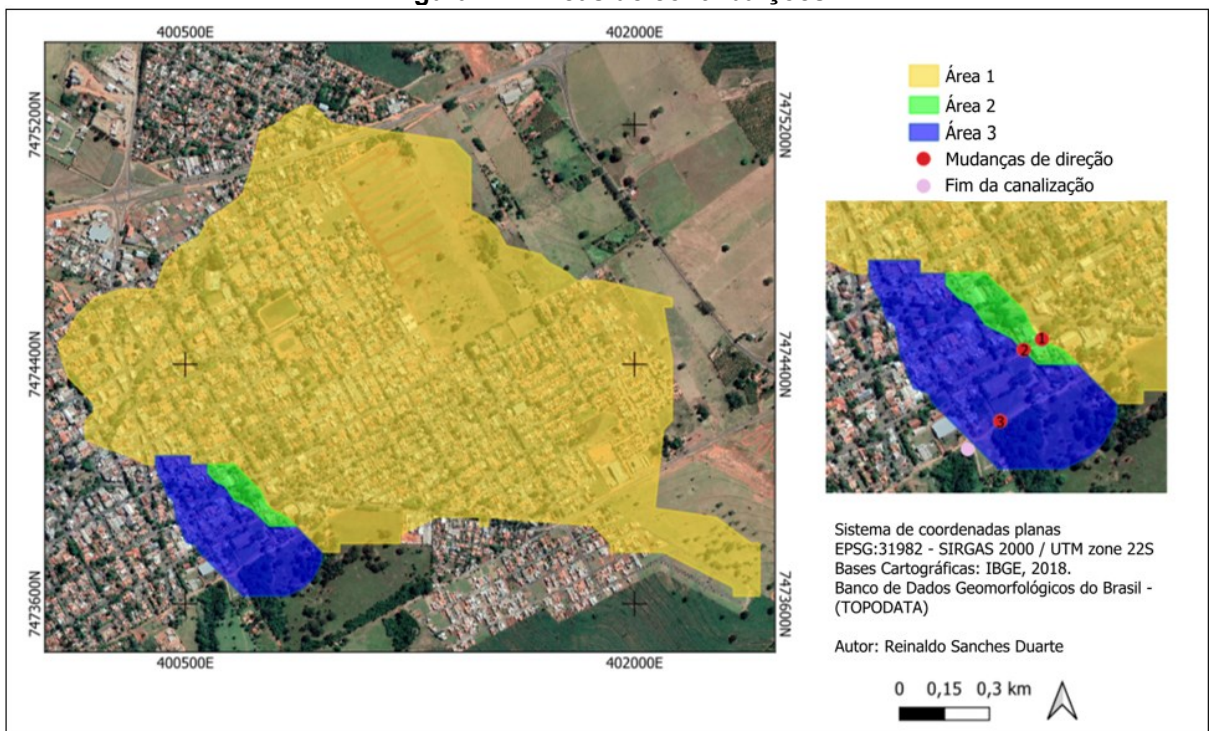
Figura 11 - Trechos da canalização



Fonte: Autor (2022)

A partir dos pontos onde temos mudança de direção na canalização, dividiu-se as áreas de influência, como podemos observar na Figura (12).

Figura 12 - Áreas de contribuições



Fonte: Autor (2022)

No início da canalização (Ponto 1) temos uma área de influência de 2,0294 km², para o ponto dois (2) uma área de 2,0457 km² e no ponto três (3) uma área de

2,1742 km² de influência, áreas essas que contribuíram na vazão de saída da canalização.

5.2 Parâmetros hidrológicos

5.2.1 Tempo de concentração (T_C)

O tempo de concentração (T_C) na área de influência foi obtido a partir da fórmula de Carter, tendo como as variáveis o comprimento do talvegue (L) e declividade média da bacia de influência (S) obtidas com base no modelo digital de elevação e as curvas de níveis. Na área de contribuição do início da canalização o comprimento do talvegue (L) é de 1,932 km, a declividade média (S) 0,034 m/m, obteve-se o tempo de concentração (T_C) de 24,04 minutos (Tabela 1).

Tabela 1 - Tempo de concentração e informações da área de contribuição do início da canalização

Variáveis	Valores
Comprimento do talvegue (L)	1,932 km
Cota a montante	476,24 m
Cota a jusante	410,91 m
Declividade média	0,0338 m
Declividade (S)	0,034 m/m
Tempo de concentração (T_C)	24,04 min

Fonte: Autor (2022)

5.2.2 Duração da precipitação (t)

Como no método racional considera-se que o tempo de concentração (T_C) é igual a duração da precipitação (t), temos que $t = 24,04$ minutos.

5.2.3 Intensidade da precipitação

Os parâmetros pluviométricos disponibilizados pelo Software Plúvio estão dispostos na Tabela 2:

Tabela 2 - Parâmetros pluviométricos	
Parâmetros da equação	Valores
K	1831,669
a	0,127
b	24,544
c	0,829

Fonte: Plúvio (2022)

Substituindo os parâmetros na Equação (4) propostas por Otto Pfafstetter (1982), temos a equação (8):

$$I_{MAX} = \frac{1831,669 \cdot T_R^{0,127}}{(t + 24,544)^{0,829}} \quad (7)$$

Calculou-se a partir da Equação (8), a intensidade da precipitação no ponto inicial da canalização, onde temos os resultados na Tabela 3:

Tabela 3 - Precipitação máxima na área de influência do início da canalização

Variáveis	Valores
Tempo de retorno (T_R)	25 anos
Duração da precipitação (t)	24,04 minutos
Intensidade da precipitação I_{MAX}	110,2273 mm/h

Fonte: Autor (2022)

5.2.4 Vazão de projeto

Para cálculo da vazão de projeto na entrada da canalização utilizou-se do método racional (Equação 5), considerando o coeficiente de escoamento superficial $C = 0,95$ e a intensidade calculada para a área de influência do início da canalização (Tabela 3), temos, dispostos na Tabela 4 o resultado da vazão.

Tabela 4 - Vazão no início da canalização

Variáveis	Valores
Coefficiente de escoamento (C)	0,95
Intensidade da precipitação I_{MAX}	110,23 mm/h
Área de influência	2,0294 km ²
Vazão	59,08 m³/s

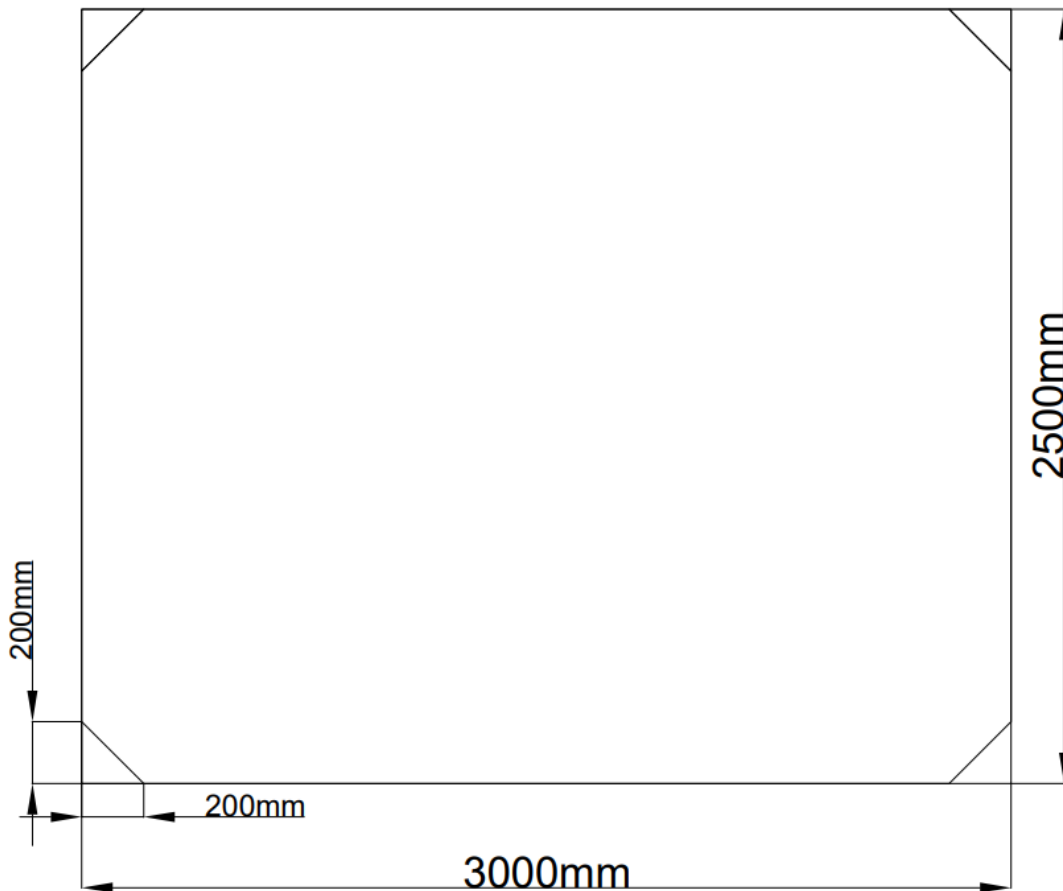
Fonte: Autor, 2022

5.3 Dimensionamento Hidráulico

5.3.1 Canalização

Tomando como base a vazão de projeto, optou-se por utilizar aduelas de 3 x 2,5 metros de seção interna, sendo 3 metros a base e 2,5 metros de altura, conforme a Figura (19), onde temos as dimensões especificadas pelo fabricante (Copel Construções, Indústria e Comércio LTDA) e com apoio do software AutoCad foi realizado um esquema da seção interna, para obtenção dos parâmetros hidráulicos como, área molhada, perímetro molhado e raio hidráulico necessários para os cálculos.

Figura 13 - Seção interna aduela utilizada na canalização



Fonte: Autor, 2022

Para aquisição dos parâmetros hidráulicos no trecho 1-2, com auxílio do AUTOCAD, realizou-se uma simulação a partir da vazão de entrada da canalização, onde, temos os resultados dispostos na tabela (5).

Tabela 5 – Parâmetros hidráulicos trecho 1-2

Variáveis	Valores
Coefficiente de rugosidade de Manning (n)	0,013
Área molhada (A_m)	6,8867 m ²
Perímetro molhado (P_m)	7,3909 m
Raio hidráulico (R_H)	0,9318 m
Declividade do trecho (I)	1,37 %
Vazão	59,08 m³/s
Velocidade	8,58 m/s

Fonte: Autor, 2022

No segundo trecho da canalização (2-3), obteve-se o tempo de concentração (T_C) a partir do comprimento da seção da canalização (48,52 m) e da velocidade do trecho (1-2), utilizando-se da Equação (3), somando-se assim o valor encontrado no tempo de concentração da área a montante, obteve-se $T_C = 24,13$ minutos que corresponde também a duração da precipitação (t), utilizada no cálculo da intensidade

da precipitação (I) da área de influência. Obteve-se então a partir da Equação (8) a intensidade da precipitação e a vazão na seção a partir da Equação (5), dispostos na Tabela (6).

Tabela 6 - Intensidade e vazão no trecho 2-3

Variáveis	Valores
Duração da precipitação (t)	24,13 minutos
Área de influência	2,0457 km ²
Intensidade da precipitação I_{MAX}	110,05 mm/h
Vazão	59,46 m³/s
Velocidade	8,64 m/s

Fonte: Autor, 2022

No trecho final (3-4) obteve-se o tempo de concentração (T_c) a partir do comprimento da seção da canalização (168,73 m) e da velocidade do trecho (2-3), utilizando-se da equação (3), somando-se assim o valor encontrado no tempo de concentração da área a montante, obteve-se $T_c = 24,46$ minutos que corresponde também a duração da precipitação (t), utilizada no cálculo da intensidade da precipitação (I) da área de influência. Obteve-se então a partir da equação (8) a intensidade da precipitação e a vazão na seção a partir da equação (5), dispostos na tabela (7).

Tabela 7 - Intensidade e vazão no trecho 3-4

Variáveis	Valores
Duração da precipitação (t)	24,46 minutos
Área de influência	2,1742 km ²
Intensidade da precipitação I_{MAX}	109,44 mm/h
Vazão na seção	62,84 m³/s

Fonte: Autor, 2022

No fim da canalização, onde temos a disposição final das vazões drenadas pela canalização, recomenda-se a implantação de um dispositivo para redução da velocidade do escoamento e redução de energia, para evitar que no córrego Água da Cachoeirinha tenhamos problemas, como as voçorocas.

6 CONCLUSÃO

Diante da problemática que envolve a urbanização sem prévio planejamento, a ocupação das áreas a montante intensifica os problemas da drenagem pluvial, acarretando alagamentos em centros urbanos. Assim, a partir da análise da área de estudo deste trabalho, diagnóstico da problemática, delimitação da área de influência e definição das características locais, foi possível a aquisição dos parâmetros hidrológicos fundamentais necessários. Em seguida, definir a proposta de dimensionamento de uma canalização com o intuito de cessar os constantes alagamentos.

Com a implantação de aduelas retangulares com medidas de 3 metros de largura por 2,5 metros de altura, se torna possível drenar toda a vazão calculada nos diferentes trechos de contribuição até o seu término no corpo receptor (Córrego Água da Cachoeirinha). Porém, tendo em vista que a área de estudo já é urbanizada, e considerando a existência de dificuldade para correção e implantação de novas linhas de drenagem, traçou-se uma proposta de percurso para implantação da canalização. Neste, visou-se um menor impacto aos moradores e as residências no entorno, aproveitamento da declividade natural da área, e solucionando a problemática dos alagamentos.

REFERÊNCIAS

- BIDONE, F. R. A; TUCCI, C. E. M. Microdrenagem. In: TUCCI, C. E. M.; PORTO, L. Rubem; BASTOS, T. Mário. Drenagem Urbana. 1 ed., ABRH, Porto Alegre, RS, 2015.
- BERTÉ, Rodrigo. **Gestão Socioambiental no Brasil**. Curitiba, ed. Ibpex, São Paulo: Saraiva, 2009.
- BELLÉ, J. P. **Avaliação da Eficácia do Sistema de Drenagem Urbana Estudo de Caso: IJUÍ – RS**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, Rio Grande do Sul, 2011.
- BEZERRA, A. M. et al. Drenagem urbana de águas pluviais: cenário atual do sistema da cidade de Assú/RN. **Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Campina Grande/PB, VII**. 2016, Campina Grande. Anais eletrônicos. Campina Grande, 2016.
- BOTELHO, M. H. C. **Águas de Chuva: Engenharia das Águas Pluviais nas Cidades**. 2ª Ed. São Paulo: Edgard Blucher LTDA, 1998, 344p.
- BRITO, F; SOUZA, J. Expansão urbana nas grandes metrópoles: o significado das migrações intrametropolitanas e da mobilidade pendular na reprodução da pobreza. **São Paulo em Perspectiva**. São Paulo. v. 19, n. 4, p. 48-63. 2005.
- COBRADE, **Codificação e classificação Brasileira de Desastres**. 2012. Disponível em: <http://www.defesacivil.rj.gov.br/images/formularios/COBRADE.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2022.
- CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. 2ª Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 384p.
- CARVALHO, D. F; SILVA, L. D. B. **Ciclo Hidrológico**. Apostila da disciplina Hidrologia, Departamento de Engenharia/Instituto de Tecnologia - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2006. Disponível em <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/it113-hidrologia.htm>>. Acesso em: 01 Jun. 2022.
- CORGHI, F. N. **Diretrizes para implantação de Loteamentos Urbanos Aspectos Físicos, Legais e Sociais**. 2014. Tese de Doutorado (em Engenharia Civil, na Área de Saneamento e Ambiente) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2014.
- COSTA, P. R; SILVEIRA, A. L. R. Drenagem urbana e os impactos decorrentes do processo de urbanização na bacia do córrego mingau, Goiânia, GO. **Revista eletrônica de educação da faculdade Araguaia**, v.11, n.11, p.76-100, 2017.
- CRUZ, M. A. S. et al. Valorização da água no meio urbano: um desafio possível. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**, 14., 2001, Aracaju, SE.

Anais. Aracaju, 2001. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Walter-Collischonn2/publication/237404960_VALORIZACAO_DA_AGUA_NO_MEIO_URBA_NO_UM_DESAFIO_POSSIVEL/links/0c9605314cecc20739000000/VALORIZACAO-DA-AGUA-NO-MEIO-URBANO-UM-DESAFIO-POSSIVEL.pdf>. Acesso em 02 jun. 2022.

FARIAS, K. S. **Análise quantitativa de macrodrenagem urbana: avaliação da capacidade de escoamento de um canal no município de Delmiro Gouveia-AL.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, Alagoas, 2017.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. Plano Municipal de Saneamento Básico. **Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas.** 2016. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/documents/20182/300120/Drenagem+e+Manejo+das+%C3%81guas+Pluviais+Urbanas.pdf/72c03623-99ee-40d8-b1e8-107c182daf8e?version=1.0>>. Acesso em: 15 de Jun. 2022.

GABAN, P. I.; RODGHER, S. F. **Gerenciamento das Águas Pluviais Urbanas.** Universidade de Araraquara, 2018. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/tcc_ok_-_pedro.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Perfil dos Municípios Brasileiros: 2017.** 2018. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101595.pdf>> Acesso em 03 de agosto de 2021

JÚNIOR, V. J. S.; SANTOS, C. O. A evolução da urbanização e os processos de produção de inundações urbana. **Estação Científica (UNIFAP).** v.3, n. 1, p. 19-30. Macapá, 2013.

KAUFFMANN, M.O. & SILVA, L.P. Taxa de impermeabilização do solo: um recurso para a implementação da bacia hidrográfica como unidade de planejamento urbano integrado à gestão dos recursos hídricos. In: **XI Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional.** Salvador. p.23-27, maio de 2005.

KIPPER, A. Drenagem Urbana: comparativo de custos no dimensionamento utilizando sistemas de drenagem tradicional (higienista), e compensatória com micro reservatórios. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2015.

LIMA, G. H. A. T. **Dimensionamento do sistema de drenagem pluvial para o loteamento santa bárbara em Centralina - MG.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, Minas Gerais, 2019.

McCUEN, R. H., WONG, S. L., RAWLS, W.J., 1984, **Estimating urban time of concentration,** Journal of Hydraulic.

MARICATO, E. Metrópole, legislação e desigualdade. 2003. **Estudos Avançados**, v. 17, n. 48, p. 151-167.

MARQUES, G. S. **Manejo de Águas pluviais: estudo da rede drenagem e de soluções de baixo impacto na Região Administrativa Candangolândia**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade de Brasília. Brasília, Distrito Federal, 2019.

MARQUES, V. P. **Estudo de Medidas Estruturais em Planos Diretores de Drenagem Urbana**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, São Paulo, 2019.

MATOS, Ralfo. Migração e urbanização no Brasil. **Revista Geografias**. Belo Horizonte. v.8, n.1, p. 07-23. Jan/jun de 2012.

MELO, J.O. et al. Diagnóstico dos problemas de drenagem urbana no conjunto Novo, Crato-CE. **Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística Edição Temática em Sustentabilidade**. São Paulo, v. 9 n. 1. Jun. de 2019.

MIGUEZ, M. **Drenagem Urbana - Do Projeto Tradicional à Sustentabilidade**. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2015

MONTERO, T. V; ALVES, M. C; LAMIM, V. G. Ciclo hidrológico em áreas urbanas. **Educação Ambiental em Ação**. v. 56, 2016.

MONTES, R. M; LEITE, J. F. **A Drenagem Urbana de Águas Pluviais e seus Impactos Cenário Atual da Bacia do Córrego Vaca Brava-Goiânia-GO**. Goiânia/GO: Universidade Católica de Goiás, 2008. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/6527999-A-drenagem-urbana-de-aguas-pluviais-e-seus-impactos-cenario-atual-da-bacia-do-corrego-vaca-brava-goiania-go-1.html>>. Acesso em: 05 abr. 2022.

MOURA, R; OLIVEIRA, S; PÊGO FILHO, B. **Escalas da urbanização brasileira**. n. 2372, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Rio de Janeiro. 2018. Disponível em: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/177588/1/td_2372.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2022.

NETO, A. C. **Sistemas Urbanos de Drenagem**. Universidade Federal de Santa Catarina. Apostila oferecida pelo Laboratório de Drenagem do Departamento de Engenharia Sanitária da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1998. Disponível em: <http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=apostila_de_drenagem_urbana_do_prof_cardoso_netto.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2022.

OLIVEIRA, F. **Urbanização: Crescimento da população da cidade em relação à população do campo**. Educa + Brasil, 2019. Disponível em: <https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/geografia/urbanizacao>. Acesso em: 03 jun. 2022.

PENA, Rodolfo F. Alves. **Enchentes**; Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/enchentes.htm>>. Acesso em 01 de jun. 2022.

PIRES, R. A. G.; CARRILHO, B. B.; GALVÃO, R. G. Asfalto convencional ou permeável? Viabilidade técnica na prevenção de enchentes. **Anais XVIII ENANPUR**. Natal. 2019.

RIGHETTO, A. M. Manejo de Águas Pluviais Urbanas. Rio de Janeiro, ed. ABES, 366p. 2009. ISBN: 978-85-7022-162-9.

ROCHA, Eider Gomes de Azevedo; JABÔR, Marcos Augusto; MATTOS, Nelson José Rodrigues. **Drenagem Superficial: Aspectos Hidráulicos Versus Aspectos de Segurança**. Revista Brasileira de Engenharia e Tecnologia, UDF Centro Universitário. 2015.

SANTOS, A. S.; RUFINO, I. A. A.; BARROS FILHO, M. N. M. Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: o caso de uma área de urbanização consolidada em Campina Grande – PB. **Engenharia Sanitária Ambiental**. v.22, n.5, p.943-952, 2017.

SÃO PAULO (Cidade). Fundação Centro de Tecnológico de Hidráulica. **Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo**. São Paulo: Prefeitura Municipal de São Paulo, 289 p. 1993. Disponível em: <<https://www.docsity.com/pt/diretrizes-basicas-para-projetos-de-drenagem-sp/4827760/>>. Acesso em: 15 abr. 2022.

SILVA, M. C. S.; GALVÃO, S. A problemática da drenagem urbana no bairro de nova descoberta – Natal/RN. **Revista da FARN**, Natal, v.9, n. 1/2, p. 151-174, 2010.

SOUZA, V. C. B.; MORAES, L. R. S.; BORJA, P. C. Déficit na drenagem Urbana: buscando o entendimento e contribuindo para a definição. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, v.1, n.2, p.162-175, 2013.

TIEPO, C. et al. Permeabilidade urbana e infraestrutura verde: alternativas para a sustentabilidade urbana. **3º Seminário Nacional de Construções Sustentáveis**. Passo Fundo, RS, 2014. Disponível em: <https://www.imed.edu.br/Uploads/Permeabilidade%20urbana%20e%20infraestrutur%20verde_alternativas%20para%20a%20sustentabilidade%20urbana.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2022.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2.ed. Porto Alegre. 1993. 943p. ISBN: 85-7025-298-6.

TUCCI, C.E.M. Enchentes urbanas in: **Drenagem Urbana**, cap. 1 Editora da Universidade, Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 1995. Disponível em: http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/importacao/institucional/grupos-de-trabalho/encerrados/residuos/documentos-diversos/outros_documentos_tecnicos/curso-gestao-do-terrimorio-e-manejo-integrado-das-aguas-urbanas/drenagem1.PDF. Acesso em 03 jun. 2022.

UNISDR – UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY. **Disaster Reduction**, 2009.