

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

GABRIELLA RENATA LOURENÇO

**EFEITOS DA URBANIZAÇÃO NA BACIA DO Córrego Água da Lagoa no
Município de Apucarana - Paraná**

LONDRINA

2023

GABRIELLA RENATA LOURENÇO

**EFEITOS DA URBANIZAÇÃO NA BACIA DO CÓRREGO ÁGUA DA LAGOA NO
MUNICÍPIO DE APUCARANA - PARANÁ**

**EFFECTS OF URBANIZATION IN THE ÁGUA DA LAGOA STREAM BASIN IN
THE CITY OF APUCARANA - PARANÁ.**

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(a): Prof(a). Dr(a). Kátia Valéria Marques Cardoso Prates
Coorientador(a): Prof(a). Dr(a). Andrea Sartori Jabur

LONDRINA

2023



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

GABRIELLA RENATA LOURENÇO

**EFEITOS DA URBANIZAÇÃO NA BACIA DO CÓRREGO ÁGUA DA LAGOA NO
MUNICÍPIO DE APUCARANA - PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária
da Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Data de aprovação: 27 de junho de 2023

Ajadir Fazolo
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Edson Fontes De Oliveira
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Kátia Valéria Marques Cardoso Prates
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**LONDRINA
2023**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter aberto as portas para que eu chegasse até aqui, pelas pessoas incríveis que colocaste em meu caminho, pela sabedoria adquirida ao longo desta jornada e por ser a minha força e sustento diário.

Agradeço as minhas orientadoras Prof(a). Dr(a). Kátia Valéria Marques Cardoso Prates e Prof(a). Dr(a). Andrea Sartori Jabur por aceitarem fazer parte de mais essa conquista e por todo conhecimento, atenção e cuidado com que me guiaram nesta trajetória.

Agradeço aos meus pais, Valdomiro Lourenço e Silvana Lopes Lourenço, meu irmão Leonardo Lourenço e meu namorado, Carlos Augusto de Lima por todo apoio e incentivo que me ofereceram para a realização desse sonho.

Agradeço aos jornalistas Sílvia Virgínia Vilarinho e Raul César dos Reis, ao professor Guilherme Alves Bomba, ao ex-prefeito Voldimir Maistrovicz e ao responsável pelo departamento de arquivos da Prefeitura Municipal de Apucarana, seu Ademir Silva que contribuíram com todo material histórico sobre o município de Apucarana utilizado nesse projeto.

Agradeço ao meu amigo Christian Marchiori pelas fotos tiradas com o drone.

Enfim, gratidão a todos que participaram na conclusão desta etapa primordial em minha vida.

RESUMO

LOURENÇO, Gabriella Renata. **Efeitos da urbanização na Bacia do Córrego Água da Lagoa no município de Apucarana – Paraná.** 2023. 85 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária). Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2023.

A urbanização é um dos principais agentes modificadores das paisagens urbanas e seus sistemas hídricos no século XXI, resultando em desafios ambientais significativos como a impermeabilização do solo, aumento do escoamento superficial e supressão da biodiversidade local. A partir disso, esse projeto de pesquisa abordou os impactos ocasionados pela expansão urbana na bacia hidrográfica do córrego Água da Lagoa, situada na área central do município de Apucarana – Paraná, onde as nascentes foram totalmente drenadas e canalizadas de modo fechado. Sendo assim, foi realizado um levantamento histórico dessa bacia hidrográfica, obtido a partir da coleta de imagens e materiais jornalísticos, a fim de observar as modificações que ocorreram entre os anos de 1980 a 2023 e analisar, por meio de softwares, os levantamentos morfométricos e hidrológicos atuais e da década de 1980, para avaliar se o projeto inicial de canalização suporta a vazão que o exutório da bacia hidrográfica recebe hoje. Também foi efetuado um Protocolo de Avaliação Rápida (PAR), onde a partir de registros fotográficos coletados por meio de visitas em campo, foi possível identificar os principais impactos ambientais ao longo da bacia urbana. A partir dos resultados, foi constatado o aumento da impermeabilização do solo ao realizar as análises comparativas obtidas no levantamento histórico e registros fotográficos da bacia hidrográfica atualmente, houve também o aumento da vazão máxima comparada à época de canalização e verificou-se que as tubulações implantadas na década 1980 não suportam mais a vazão que essa bacia recebe atualmente, sendo esse o principal causador dos processos erosivos no exutório dessa bacia urbana. Além de problemas hidráulicos, a execução do PAR também possibilitou identificar o descarte indevido de resíduos sólidos provenientes de ações urbanas nos arredores, comprovando assim, que o processo de urbanização deteriora cada vez mais os corpos hídricos.

Palavras-chave: bacia hidrográfica urbana; canalização fechada, impermeabilização.

ABSTRACT

LOURENÇO, Gabriella Renata. **Effects of urbanization in the Água da Lagoa Stream Basin in the city of Apucarana - Paraná**. 2023. 85 p. Undergraduate Thesis (Bachelor's Degree in Environmental and Sanitary Engineering). Environmental and Sanitary Engineering Program. Federal Technological University of Paraná, Londrina, 2023.

Urbanization is one of the main agents of change in urban landscapes and their water systems in the 21st century, resulting in significant environmental challenges such as soil sealing, increased surface runoff, and suppression of local biodiversity. Based on this, this research project addressed the impacts caused by urban expansion in the Água da Lagoa stream watershed, located in the central area of the city of Apucarana, Paraná, where the springs were completely drained and channeled underground. Therefore, a historical survey of this watershed was conducted, based on the collection of images and journalistic materials, in order to observe the modifications that occurred between the years 1980 and 2023. Additionally, current morphometric and hydrological surveys were analyzed using software, and compared with those from the 1980s, to evaluate whether the initial channelization project can handle the current flow received at the watershed outlet. A Rapid Assessment Protocol (RAP) was also carried out, where the main environmental impacts along the urban watershed were identified through photographic records collected during field visits. The results revealed an increase in soil sealing when comparing the historical survey and current photographic records of the watershed. There was also an increase in the maximum flow compared to the time of channelization, and it was found that the pipes installed in the 1980s can no longer handle the current flow received by this watershed, which is the main cause of erosive processes in the outlet of this urban watershed. In addition to hydraulic problems, the implementation of the RAP also identified improper disposal of solid waste from urban activities in the surrounding areas, thus confirming that the process of urbanization further deteriorates water bodies.

Keywords: urban watershed; closed channelization; sealing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Composição simplificada de uma bacia hidrográfica.....	16
Figura 2 - Município de Apucarana sob o encontro das três bacias hidrográficas.....	17
Figura 3 - Mapa da hidrografia do município de Apucarana.	18
Figura 4 - Delimitação da área de uma bacia hidrográfica	19
Figura 5 - Comprimento do curso principal do córrego Horizonte.....	20
Figura 6 - Vista superficial da drenagem principal de uma bacia	21
Figura 7 - Perfil longitudinal da drenagem principal de uma bacia	21
Figura 8 - Diagrama esquemático da ordem dos cursos de água segundo Strahler.....	22
Figura 9 - Efeitos da urbanização na bacia hidrográfica do córrego Barreiro entre 2006 a 2019.....	27
Figura 10 - Processo evolutivo da urbanização no município de Apucarana entre os anos de 1980 a 2022	29
Figura 11 - Influência da urbanização no balanço hídrico.....	30
Figura 12 - Aumento da vazão devido aos impactos da urbanização	31
Figura 13 - Erosão urbana no município de Bauru/SP.....	31
Figura 14 - Processo de impactos na drenagem urbana	32
Figura 15 - Fluxograma da metodologia abordada neste trabalho	33
Figura 16 - Mapa de localização da bacia do córrego Água da Lagoa	34
Figura 17 - Demarcação dos poços na Planta do Campo Água da Lagoa (atual Complexo Esportivo José Antônio Basso).....	35
Figura 18 - Complexo Esportivo José Antônio Basso atualmente	35
Figura 19 - Associação Cultural Esportiva de Apucarana (ACEA) e região onde deságua a galeria pluvial proveniente da drenagem das nascentes localizadas abaixo do Complexo Esportivo José Antônio Basso.....	36
Figura 20 – Pontos de análises utilizados no Protocolo de Avaliação Rápida (PAR)	38
Figura 21 – Região de inundação natural escolhida para construção do ginásio de esportes em 1965.....	42
Figura 22 – Início da terraplanagem para a construção em 1971	43
Figura 23 – Abertura das primeiras valas para implantação da tubulação em 1975	43
Figura 24 – Início da colocação dos tubos de drenagem em 1975	44
Figura 25 – Colocação dos tubos de drenagem ao lado da construção do ginásio de esportes em 1976.....	44
Figura 26 – Construção do ginásio de esportes em 1976.....	45
Figura 27 – Etapas finais da construção do ginásio de esportes (lateral direita) em 1976	46
Figura 28 – Etapas finais da construção do ginásio de esportes (lateral esquerda) em 1976	46
Figura 29 – Ginásio já finalizado (sem a roçagem) em 1976	47
Figura 30 – Limpeza da área ao redor do ginásio em 1976	47
Figura 31 – Ginásio de esportes finalizado após roçagem em 1976	48
Figura 32 – Início do asfaltamento na entrada do ginásio em 1976.....	48
Figura 33 – Rua principal de acesso ao ginásio de esportes asfaltada em 1976	49

Figura 34 – Construção da piscina olímpica em 1979	50
Figura 35 – Piscina finalizada em 1979	50
Figura 36 – Construção da pista de atletismo em 1981	51
Figura 37 – Inauguração da pista de atletismo, com a presença do medalhista olímpico João Carlos de Oliveira em 1982	51
Figura 38 – Complexo Esportivo José Antônio Basso no final da década de 1980.....	52
Figura 39 – Complexo esportivo José Antônio Basso – Lagoão em 2023.....	53
Figura 40 – Exutório da bacia hidrográfica Água da Lagoa em 2023	53
Figura 41 – Ponto A: Complexo esportivo José Antônio Basso, onde a) pista de atletismo e campo de futebol; b) lateral do ginásio com disposição inadequada de material e resíduo sólido; c) piscina olímpica coberta; d) frente do ginásio de esportes; e) interior do ginásio de esportes e f) Caixa de ligação entre as tubulações	55
Figura 42 – Ponto B: Ponto intermediário, onde a) mostra a declividade da bacia direcionando o escoamento superficial e b) local onde se realizou a análise do ponto intermediário: rua Antônio José de Oliveira esquina com a rua Paulo Kisner.....	56
Figura 43 – Ponto C: último ponto analisado, onde a) ponto asfaltado com menor declividade da bacia hidrográfica, situado na Avenida Jaboti e b) Associação Cultural Esportiva Apucarana (ACEA) e ao lado o início da área de vegetação ao redor do exutório.....	57
Figura 44 – Ponto D: final da canalização fechada, onde a) área natural ao redor da galeria pluvial; b) erosão acentuada no final da tubulação e coloração acizentada da água e c) corpo hídrico com diversas barreiras naturais, como cascalhos, árvores caídas e resíduos sólidos	58
Figura 45 – Ponto E: ponto intermediário antes do exutório, onde a) diversas árvores caídas e utilizadas por pescadores como “ponte” para atravessar o outro lado do córrego e ao fundo a tubulação de esgoto da SANEPAR; b) árvores caídas, resíduos sólidos e é possível observar a coloração cor de chá do corpo hídrico; c) a mancha de óleo na superfície da água; d) disposição inadequada de resíduos sólidos; e) acúmulo de óleo nas margens do corpo hídrico e f) vista para o exutório da bacia hidrográfica.....	59
Figura 46 – Ponto F: Exutório da bacia do córrego Água da Lagoa, onde a) mostra resíduos sólidos nas margens do exutório; b) a coloração cor de chá da água; c) resíduos sólidos nas margens; d) vista do aproximada do exutório da bacia e vegetação nativa; e) presença de animais e processos erosivos e f) vista do exutório.....	60
Figura 47 – Ordem do córrego Água da Lagoa aplicando a metodologia de Strahler (1947)	61
Figura 48 – Mapa de macrozoneamento de Apucarana.....	63
Figura 49 – Ortofoto da área da bacia hidrográfica do córrego Água da Lagoa no ano de 1980	64
Figura 50 – Classificação da bacia hidrográfica do córrego Água da Lagoa conforme o uso e ocupação do solo no período da década de 1980	65
Figura 51 – Classificação da bacia hidrográfica do córrego Água da Lagoa conforme o uso e ocupação do solo atual.....	67
Figura 52 – Mapa da area de matas, parques e campos de esportes	68
Figura 53 – Campo de esporte do complexo esportivo José Antonio Basso....	69

Figura 54 – Área de Preservação Permanente do exutório do córrego Água da Lagoa	69
Figura 55 – Mapa das áreas residenciais com muitas superfícies livres	70
Figura 56 – Registro fotográfico aéreo das áreas residenciais com muitas superfícies livres	70
Figura 57 – Mapa das áreas residenciais com poucas superfícies livres	71
Figura 58 – Registro fotográfico aéreo das áreas residenciais com poucas superfícies livres	71
Figura 59 – Mapa das partes adjacentes ao centro com menor densidade	72
Figura 60 – Registro fotográfico 1 apresentando edificações residenciais e salas comerciais.....	73
Figura 61 – Registro fotográfico 2 apresentando uma parte de zona industrial	73
Figura 62 – Mapa da região central da cidade densamente construída	74
Figura 63 – Registro fotográfico aéreo da área central densamente construída	74
Figura 64 – Cálculo da vazão pelo software canal	76
Figura 65 – Diâmetro da tubulação adequada para a tubulação atual	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Valores do coeficiente C de acordo com o tipo de ocupação da bacia.....	25
Quadro 2 - Pontos coletados acima do talvegue canalizado	37
Quadro 3 - Pontos analisados na região do exutório do córrego Água da Lagoa.....	37
Quadro 4 - Escala avaliativa de qualidade ambiental	38
Quadro 5 – Protocolo de Avaliação Rápida para levantamento dos impactos na Bacia do Córrego Água da Lagoa.....	39
Quadro 6 - PAR.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características da bacia hidrográfica em estudo	40
Tabela 2 - Parâmetros morfométricos de uma bacia hidrográfica.....	40
Tabela 3 - Parâmetros hidrológicos de uma bacia hidrográfica	41
Tabela 4 - Valores obtidos para o coeficiente de compacidade (Kc) e o fator de forma (Kf).....	62
Tabela 5 - Valores obtidos para o cálculo do Tempo de Concentração (Tc)	62
Tabela 6 - Valores de Coeficiente de Escoamento Superficial para cada área delimitada na bacia hidrográfica na década de 1980	66
Tabela 7 - Valores de Coeficiente de Escoamento Superficial para cada área delimitada na bacia hidrográfica na década atual.....	75
Tabela 8 - Valores obtidos para a intensidade pluviométrica (i) na década de 1980	77
Tabela 9 - Valores obtidos para a intensidade pluviométrica (i) atual.....	77
Tabela 10 - Valores obtidos para a vazão máxima (Q)	77

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo geral.....	15
2.2	Objetivo específico.....	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1	Bacias hidrográficas	16
3.1.1	Caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica	18
3.1.2	Caracterização hidrológica de uma bacia hidrográfica	23
3.1.3	Bacias hidrográficas urbanas	26
3.2	Urbanização	27
3.3	Uso e ocupação do solo associado a impactos ambientais	29
4	MATERIAIS E MÉTODOS	33
4.1	Área de estudo.....	33
4.2	Uso e ocupação do solo	36
4.2.1	Levantamento histórico da bacia do córrego Água da Lagoa.....	36
4.2.2	Impactos ambientais causados pela impermeabilização do solo	37
4.3	Caracterização morfométrica	39
4.4	Caracterização hidrológica.....	40
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
5.1	Levantamento histórico	42
5.2	Protocolo de Avaliação Rápida (PAR)	54
5.3	Caracterização morfométrica	61
5.3.1	Ordem do rio	61
5.3.2	Coeficiente de compacidade (Kc) e fator de forma (Kf).....	61
5.4	Caracterização hidrológica.....	62
5.4.1	Tempo de concentração (Tc)	62
5.4.2	Coeficiente de escoamento superficial	63
5.4.3	Intensidade pluviométrica (i) e vazão (Q) em 1980	75
5.4.4	Intensidade pluviométrica (i) e vazão (Q) atual	77
6	CONCLUSÃO	79
	REFERÊNCIAS.....	80

1 INTRODUÇÃO

O processo de urbanização é um dos maiores agentes modificadores do século XXI (WWC, 2018) e além de inúmeros benefícios, também podem acarretar consequências severas vinculadas aos impactos nos mais diversos âmbitos e escalas. Muitos desses danos são constatados no sistema hídrico das bacias hidrográficas, onde ocorre o desenvolvimento da faixa urbana e a desnaturalização dos rios ao redor (CARVALHO; MARANGON; SANTOS, 2020). De acordo com o IBGE (1986), entre os anos de 1950 e 1980, houve um aumento no percentual da população brasileira residindo em áreas urbanas de 36,2 % para 67,7%.

O processo de urbanização no Brasil tem se tornado cada vez mais acelerado, ocasionando a remoção massiva da vegetação natural de áreas periféricas, dando lugar à excessiva ocupação antrópica, danificando permanentemente o funcionamento dos ecossistemas e acarretando a perda da biodiversidade nas bacias hidrográficas urbanas (GUZHA et al., 2018; SANTOS et al., 2021).

Com a ampliação das pavimentações e impermeabilizações do solo nas bacias hidrográficas localizadas em áreas urbanas, ocorre à redução da capacidade de infiltração da água no solo e conseqüentemente, desencadeando o aumento do escoamento superficial ao longo da bacia, fatores que propiciam a formação de enchentes e inundações (MOREIRA et al., 2019).

Como forma de solucionar os problemas de inundações e ampliar as áreas disponíveis para ocupação, são realizadas obras de engenharia no canal fluvial, como a canalização do corpo hídrico, aprofundamento e alargamento da calha fluvial, retificação de canais, proteção das margens e construção de diques (ASSUMPÇÃO; MARÇAL, 2012; CUNHA, 2012). Em regiões densamente urbanizadas, a rede hidrográfica é canalizada totalmente de modo subterrâneo, modificando demasiadamente a paisagem urbana (CARVALHO; MARANGON; SANTOS, 2020).

Segundo Cornelli et al. (2016) e Menequini e Pelissari (2016), a privação do planejamento adequado do uso e ocupação do solo no espaço geográfico pode impactar diretamente na disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos, devido a urbanização exacerbada e conseqüentemente ocasionando o desequilíbrio do meio ambiente.

Speth et al. (2020) afirmam que a expansão desordenada de habitantes nos centros urbanos é vista como uma das maiores adversidades quando se observa o cenário recorrente nas grandes cidades brasileiras, devido à ausência de estruturação urbana apropriada, políticas públicas ineficazes e a expansão desenfreada de áreas urbanas, provocando diversas alterações ambientais. De acordo com Braz et al. (2014), as áreas próximas às bacias hidrográficas são as regiões mais afetadas com esses problemas.

Segundo Bellini e Ferreira (2005), o município de Apucarana iniciou seu processo de urbanização no ápice do período cafeeiro entre 1940 e 1960, quando sucedeu de modo rápido e substancial, sobretudo a área urbana. Conseqüentemente, houve um processo acelerado de impermeabilização do solo nas bacias hidrográficas devido às construções civis, pavimentação de ruas, calçadas, estacionamentos, pátios, entre outros, os quais dificultam a infiltração das águas pluviais aumentando o escoamento superficial.

Portanto, nesse projeto de pesquisa será abordada a bacia hidrográfica do córrego Água da Lagoa, situada no município de Apucarana, Paraná, a qual teve quase toda sua extensão até o seu exutório impermeabilizada devido ao desenvolvimento urbano sem planejamento adequado. Decorrente disso é fundamental realizar uma análise preliminar dessa bacia para estudar as características do escoamento superficial e avaliar os impactos ambientais causados pela impermeabilização do solo, além de caracterizar a área objeto de estudo de modo generalizado, comprovando e quantificando as alterações nos corpos hídricos e no uso do solo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral da pesquisa foi elaborar um estudo sobre os efeitos da urbanização no escoamento superficial da bacia hidrográfica do córrego Água da Lagoa, situado na região central do município de Apucarana – PR.

2.2 Objetivo específico

Os objetivos específicos dessa pesquisa foram:

- Realizar as caracterizações morfométrica e hidrológica da bacia hidrográfica;
- Analisar as alterações no uso do solo na bacia hidrográfica desde 1980 até os dias atuais;
- Identificar os impactos ambientais gerados a partir da impermeabilização do solo.

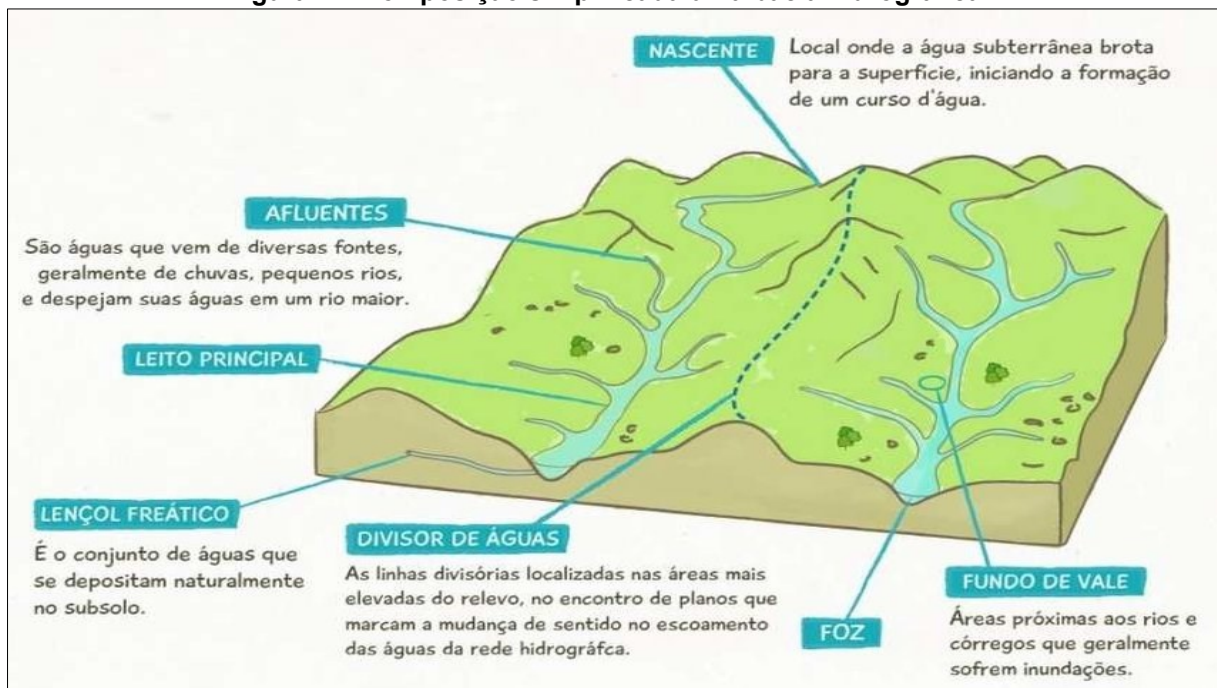
3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Bacias hidrográficas

De acordo com a Lei Federal nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, a bacia hidrográfica é uma unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH (BRASIL, 1997).

A composição simplificada de uma bacia hidrográfica, segundo Tucci (2009), é um aglomerado de superfícies vertentes e uma rede de drenagem formada por cursos d'água que afluem até resultar em um leito principal como mostra a Figura 1. A bacia hidrográfica corresponde a uma área de captação natural de água proveniente do processo de precipitação, seja na forma de chuva, neve, granizo, nevoeiro, orvalho ou geada, a qual converge os escoamentos em direção a um único ponto de saída denominado exutório ou foz, levando em consideração as perdas intermediárias, como os volumes evaporados, transpirados e também os profundamente infiltrados. Porém, as bacias são unidades geográficas, pois a localização de latitudes e longitude faz a diferenciação entre eles, às características climáticas, relevo e solo.

Figura 1 – Composição simplificada uma bacia hidrográfica.



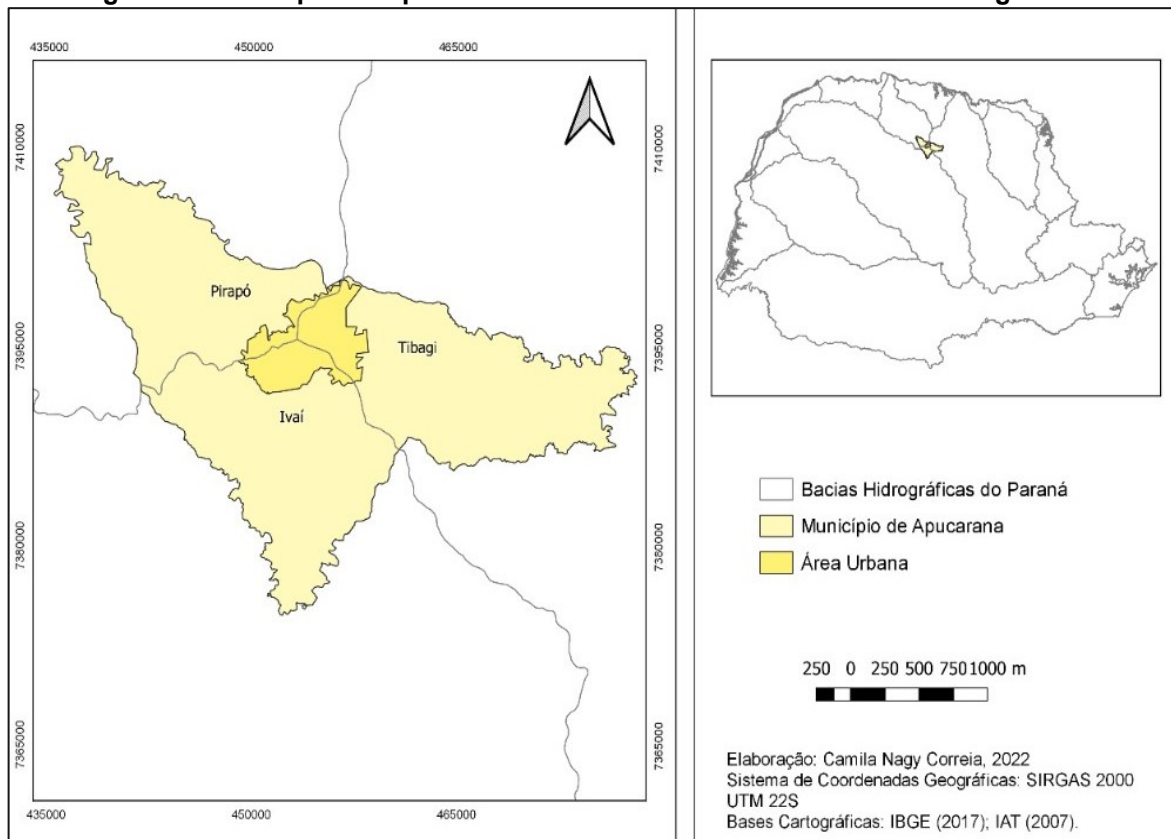
Fonte: França (2019)

Com as informações obtidas por meio de mapas topográficos, é possível

obter a caracterização do relevo, conseqüentemente, traçar os divisores de água, os quais distribuem o escoamento das águas provenientes da precipitação. Quando o relevo é representado na configuração de curvas de nível, o divisor de águas é delineado de modo fictício, direcionando o escoamento da água sobre a superfície, partindo sempre dos pontos mais elevados até os mais baixos (DORNELLES e COLLISCHONN, 2015).

De acordo com a Figura 2, o município de Apucarana – Paraná está situado no encontro de três grandes bacias hidrográficas: na zona leste do município, está situada a bacia hidrográfica do rio Tibagi; na zona sul, encontra-se a bacia hidrográfica do rio Ivaí e na zona noroeste, está localizada a bacia hidrográfica do rio Pirapó (PMSB, 2017).

Figura 2 – Município de Apucarana sob o encontro das três bacias hidrográficas.

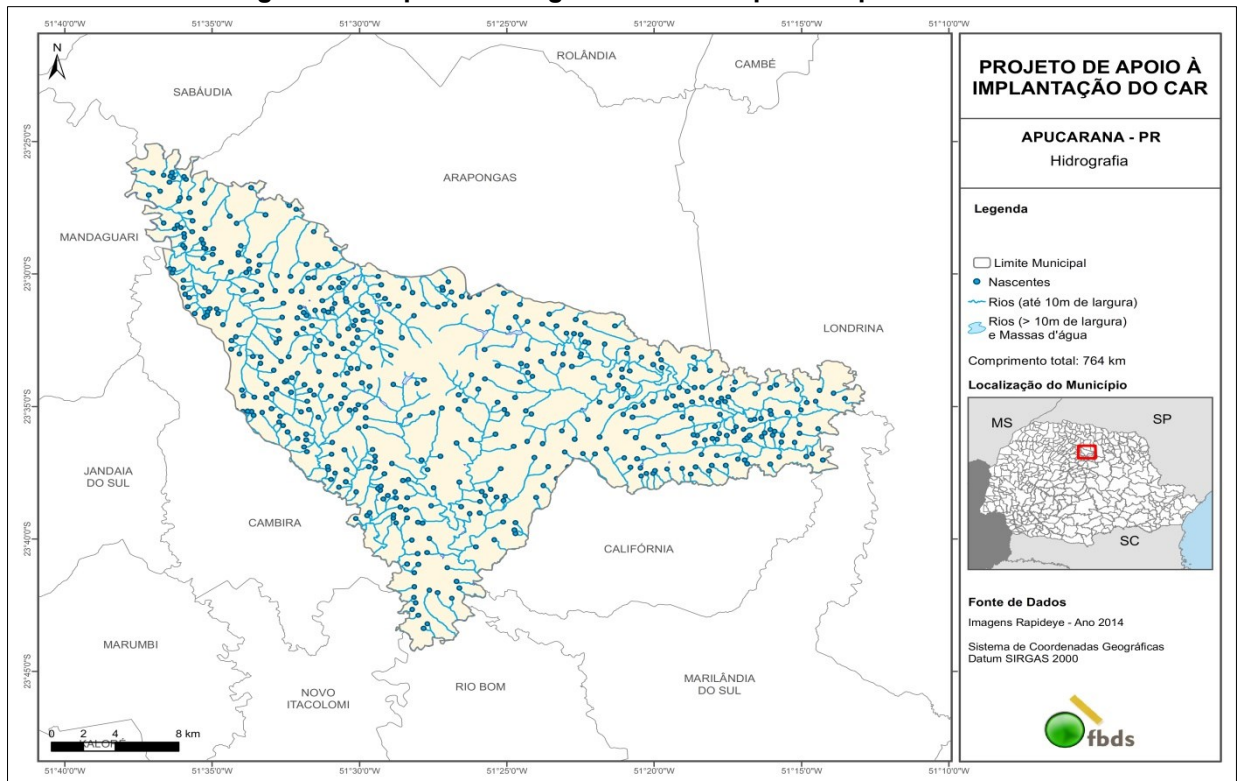


Fonte: Correia et al. (2022)

A localização do município de Apucarana está exatamente no centro da confluência desses três divisores de águas, onde se encontram diversas nascentes ao seu redor, o que caracteriza o relevo acidentado típico dessa região, com acentuados declives na zona sul e norte, assim como ao redor das nascentes e cursos d'água representados na Figura 3, formando bacias urbanas, naturais e

rurais por toda extensão territorial do município (KISKA, 2014).

Figura 3 – Mapa da hidrografia do município de Apucarana.



Fonte: FBDS (2014)

De acordo com Taveira (2018), ocorrem inúmeras atividades em uma bacia hidrográfica que podem alterar seu ciclo hidrológico, sendo assim, é possível classifica-las em: bacias naturais, onde ocorre à formação de vegetação nativa com pouca ou nenhuma interferência antrópica; bacias rurais, onde as regiões apresentam atividades direcionadas à agricultura e/ou pecuária e bacias urbanas, que correspondem a áreas urbanizadas e com alto índice de interferência antrópica.

O estudo dos parâmetros referentes à bacia hidrográfica permite auxiliar na compreensão do funcionamento da mesma e de qual forma esses resultados podem interferir em sua resposta hidrológica, ou seja, primeiramente é realizado um levantamento morfométrico da bacia hidrográfica em estudo, nesse caso uma bacia hidrográfica urbanizada, para em seguida definir os parâmetros adequados a fim de realizar a caracterização hidrológica.

3.1.1 Caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica

É fundamental realizar a caracterização morfométrica para obter-se um

melhor estudo de gerenciamento da bacia hidrográfica e para o manejo do uso do solo e da água. Tucci (2009) e Dornelles e Collischonn (2015) afirmam que as características de morfometria atribuídas a uma bacia hidrográfica estão relacionadas ao relevo e seus dados podem ser facilmente extraídos de softwares, mapas, fotografias aéreas e imagens de satélites. Basicamente compõem-se por:

- Área da bacia (A)

A área da bacia é um parâmetro fundamental para definir a potencialidade hídrica de uma bacia hidrográfica, pois ao multiplicar seu valor pela lâmina de chuva precipitada ao longo de um intervalo de tempo, determina o volume de água recebida pela bacia (DORNELLES; COLLISCHONN, 2015). Segundo Tucci (2009), após definir o contorno da bacia projetada verticalmente como mostrado na Figura 4, a área expressa em km² ou ha, pode ser determinada por meio de planimetragem de mapas ou por cálculos matemáticos utilizando mapas do Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Figura 4 – Delimitação da área de uma bacia hidrográfica.



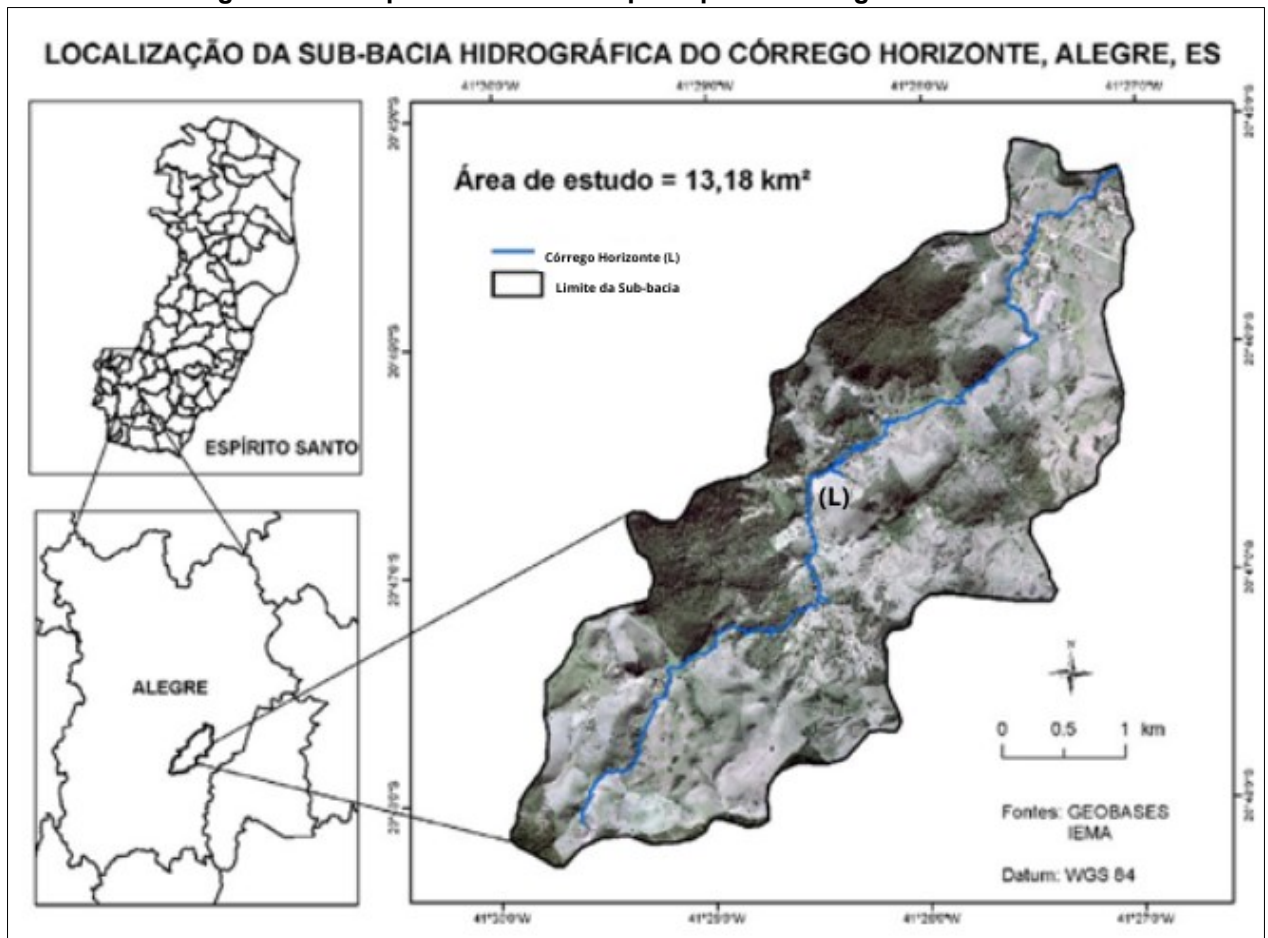
Fonte: Adaptado de Carvalho e Silva (2006)

- Comprimento do curso d'água principal (L)

O comprimento do curso d'água principal de uma bacia é delimitado por

meio da elaboração de um gráfico da altitude pela distância ao longo do canal principal da bacia hidrográfica. Para obter o perfil longitudinal é necessário medir a distância em km, desde a nascente até o exutório de acordo com a Figura 5, podendo assim verificar o quanto a altitude varia ao longo da bacia (DORNELLES; COLLISCHONN, 2015).

Figura 5 – Comprimento do curso principal do córrego Horizonte.



Fonte: Adaptado de Ferrari et al. (2013)

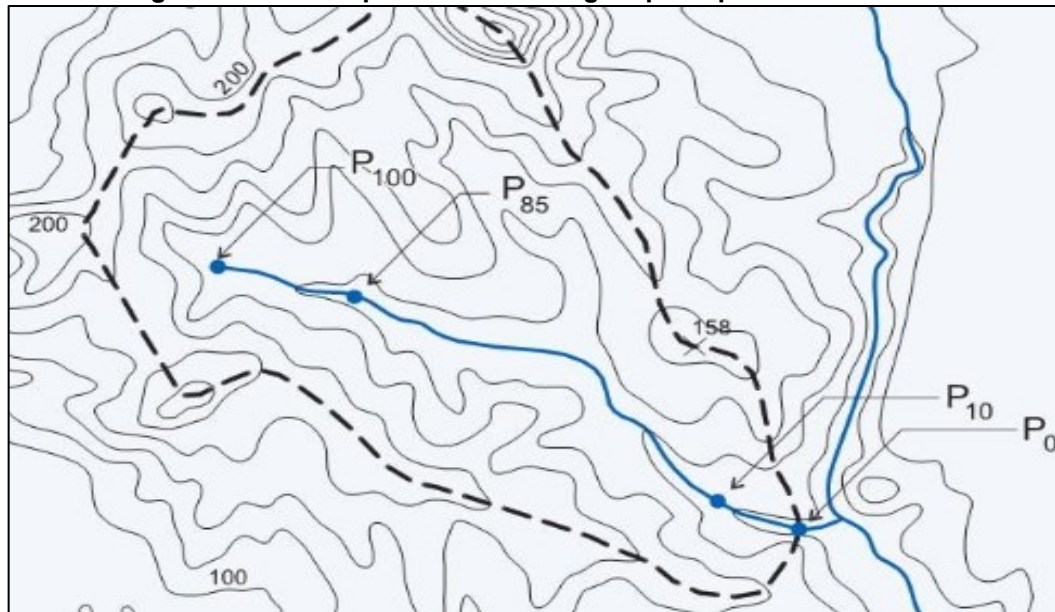
- Declividade média (S)

A declividade média de uma bacia hidrográfica está relacionada com a velocidade do escoamento da água proveniente do ponto mais alto (P100) até o ponto mais baixo (P0), como mostra a Figura 6 e Figura 7.

Portanto, é um parâmetro indispensável na gestão dos recursos hídricos, pois determina a vulnerabilidade em que uma bacia se encontra, visto que escoamentos com altas velocidades podem gerar menores taxas de infiltrações e, conseqüentemente, gerar mais impactos no solo, contribuindo na ocorrência de

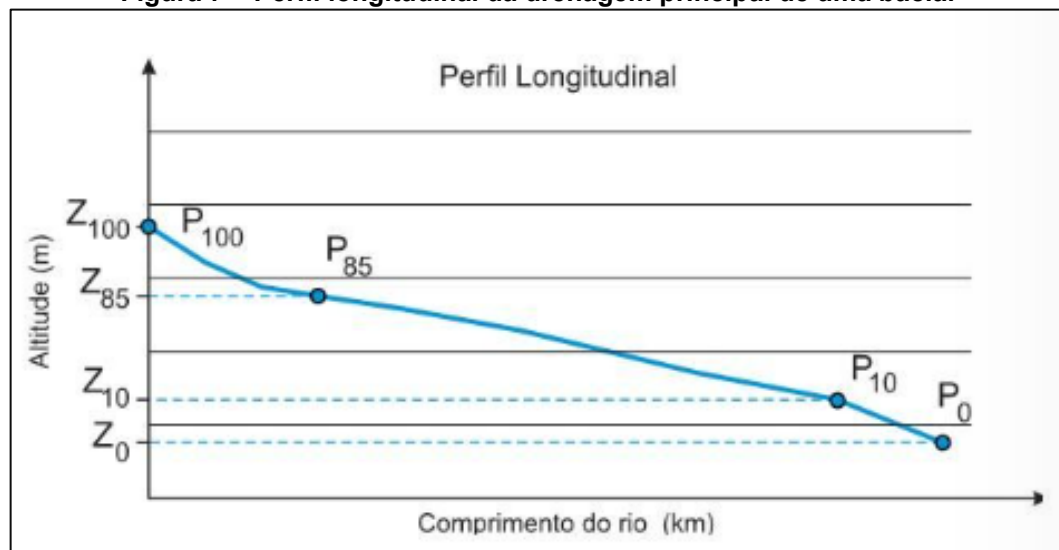
erosões (VILLELA E MATTOS, 1975; COSTA ET AL., 2009; MACHADO, 2010).

Figura 6 – Vista superficial da drenagem principal de uma bacia.



Fonte: Adaptado Dornelles e Collischonn (2015)

Figura 7 – Perfil longitudinal da drenagem principal de uma bacia.



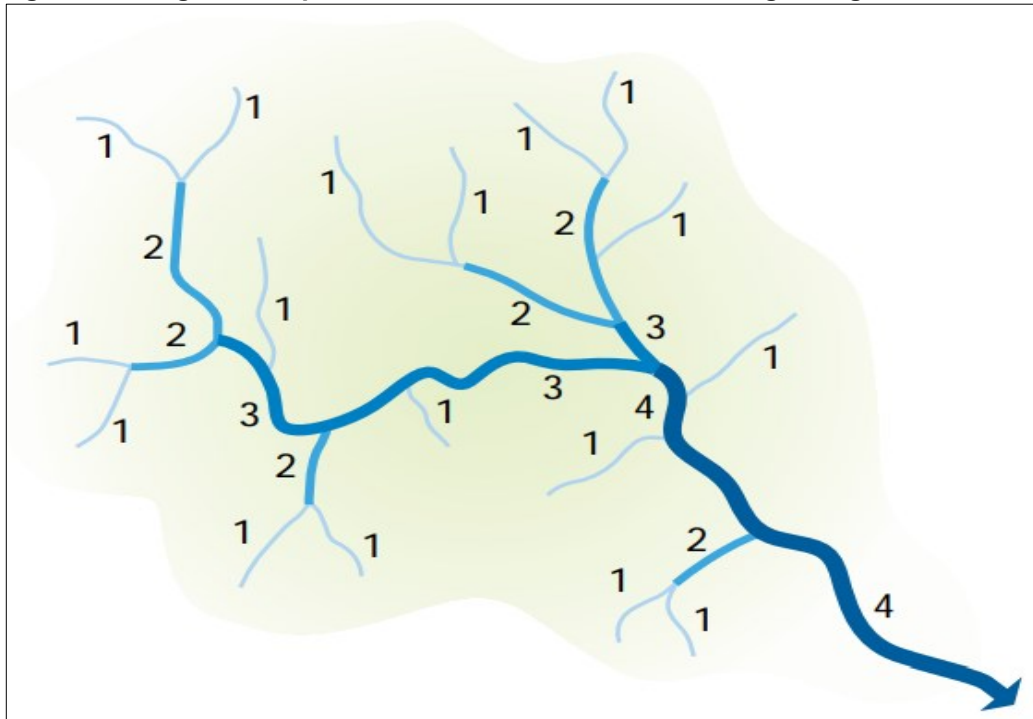
Fonte: Adaptado Dornelles e Collischonn (2015)

- Ordem do rio

A bacia hidrográfica pode ser classificada de acordo com suas características da rede de drenagem e o método mais utilizado é a hierarquização dos cursos de água. No início do século XX, Horton (1945), famoso hidrólogo da época, propôs um critério de ordenamento de cursos d'água, o qual mais tarde foi modificado por Arthur Newell Strahler (DORNELLES; COLLISCHONN, 2015).

Tucci (2009) descreve o método de Stralher (1957 apud Tucci, 2009) como sendo de primeira ordem, todos os canais que não possuem tributários, ainda que sejam nascentes dos cursos d'água principais e afluentes; os canais de segunda ordem são os que se formam a partir da confluência de dois canais de primeira ordem, podendo conter afluentes de primeira ordem também; os canais de terceira ordem são formados a partir da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo conter afluentes de primeira e segunda ordem e assim sucessivamente, como mostra a Figura 8.

Figura 8 – Diagrama esquemático da ordem dos cursos de água segundo Stralher.



Fonte: Adaptado de FISRWG (1998)

- Coeficiente de compacidade (K_c)

O coeficiente de compacidade, também conhecido na literatura por índice de Gravelius, está relacionado ao perímetro da bacia hidrográfica e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia, representado pela Equação 1. O K_c é um coeficiente adimensional que altera de acordo com o formato da bacia, independente do seu tamanho. Quanto mais irregular a bacia for, maior será o seu coeficiente K_c , ou ainda, quanto mais próximo de 1, mais circular é a bacia hidrográfica e, conseqüentemente, maior as chances de formação de enchentes (VILLELA e MATTOS, 1975).

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

Onde:

P – Perímetro da bacia (km).

A – Área de um círculo equivalente à mesma área da bacia (km²).

- Fator de forma (Kf)

O fator de forma representa a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia hidrográfica, onde é medido o comprimento da bacia ao longo do canal principal desde a nascente mais distante até o exutório expresso pela Equação 2. Quando menor o fator de forma de uma bacia, menor a probabilidade de formação de enchentes, pois há uma menor probabilidade de ocorrência de chuvas intensas sobre toda sua extensão (VILLELA e MATTOS, 1975).

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

Onde:

A – Área da bacia (km²).

L – Comprimento de drenagem principal (km).

3.1.2 Caracterização hidrológica de uma bacia hidrográfica

A caracterização hidrológica segundo Bier (2013) fornece dados para efetuar uma detalhada avaliação sobre uma determinada área, levando em consideração o comportamento das águas superficiais e infiltradas, oriundas de precipitações sobre o solo, gerando dados quantitativos e qualitativos que contribuem de forma significativa na tomada de decisões, estudos e análises envolvendo a gestão ambiental nesse local. Os parâmetros utilizados nesse trabalho são:

- Tempo de concentração (Tc)

O tempo de concentração está relacionado ao tempo, em minutos, em que a chuva atinge a região mais distante da bacia, desde o começo do seu escoamento até o exutório, ou seja, quanto maior a bacia hidrográfica, maior o tempo de concentração, pois o Tc depende da distância total em que a água irá percorrer e a

velocidade em que irá escoar (DORNELLES; COLLISCHONN, 2015).

A equação proposta por Carter (1961) é indicada para bacias urbanas de até 11 km² e é representada pela Equação 3.

$$t_c = 5,96 \frac{L^{0,6}}{S^{0,3}} \quad (3)$$

Onde:

L – Comprimento do curso d'água principal (km).

S – Declividade do curso d'água principal (m/m).

- Intensidade pluviométrica (i)

A intensidade pluviométrica de acordo com Tucci (2009) é obtida a partir das curvas de intensidade, frequência e duração da área estudada. Villela e Matos (1975) classificam a intensidade de precipitação como sendo a relação entre a altura pluviométrica e o tempo de duração da precipitação, expressa em mm/h ou mm/min. Com base na estimativa de precipitação para a região de Apucarana, adotou-se a metodologia desenvolvida por Gonçalves (2011), como descreve a Equação 4.

$$i = \frac{3092 T_r^{0,18}}{(t_c + 26,4)^{0,94}} \quad (4)$$

Onde:

T_r – Tempo de retorno (anos).

t_c – Tempo de duração da chuva (minutos).

- Coeficiente de escoamento superficial (C)

O coeficiente de escoamento superficial refere-se à quantidade de água de escoamento gerada pela bacia em épocas de precipitações (TUCCI, 2009). Por meio de estudos e análises do uso do solo, adotaram-se valores para o coeficiente de escoamento superficial. A partir da divisão de áreas e classificação dos respectivos coeficientes de escoamento superficial, Garotti e Barbosa (2010) indicam a aplicação por meio de uma média ponderada entre a multiplicação da área

delimitada e do Coeficiente de Escoamento Superficial a ela atribuída conforme o Quadro 1, resultando assim em um único Coeficiente de Escoamento Superficial para estimativa da vazão máxima da Bacia Hidrográfica, representada pela Equação 5.

Quadro 1 – Valores do coeficiente C para diferentes tipos de cobertura da bacia.

Zonas	C
Centro da cidade densamente construído	0,70 – 0,95
Partes adjacentes ao centro com menor densidade	0,60 – 0,70
Áreas residenciais com poucas superfícies livres	0,50 – 0,60
Áreas residenciais com muitas superfícies livres	0,25 – 0,50
Subúrbios com alguma edificação	0,10 – 0,25
Matas, parques e campos de esportes	0,05 – 0,20

Fonte: Adaptado de Dornelles e Collischonn (2015)

$$C = \frac{\sum A_n \cdot C_n}{\sum A_t} \quad (5)$$

Onde:

A_t – Área total da bacia (km²).

A_n – Área atribuído a cada região da bacia hidrográfica (km²).

C_n – Coeficiente de escoamento superficial atribuído a cada região da bacia hidrográfica.

- Vazão máxima (Q):

A vazão máxima pode ser determinada de acordo com a precipitação por meio do método racional, representado pela Equação 6, o qual é utilizado em projetos para bacias menores que 2 km², considerando a duração da precipitação intensa igual ao tempo de concentração; atribuem um coeficiente único de perdas, denominado C, o qual é definido com base nas características da bacia e não analisa o volume de cheia e nem a distribuição temporal de vazões (TUCCI, 2009).

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot i \cdot A \quad (6)$$

Onde:

C – Coeficiente de escoamento superficial (adimensional).

i – Intensidade de precipitação (mm/min).

A – Área de drenagem (km²).

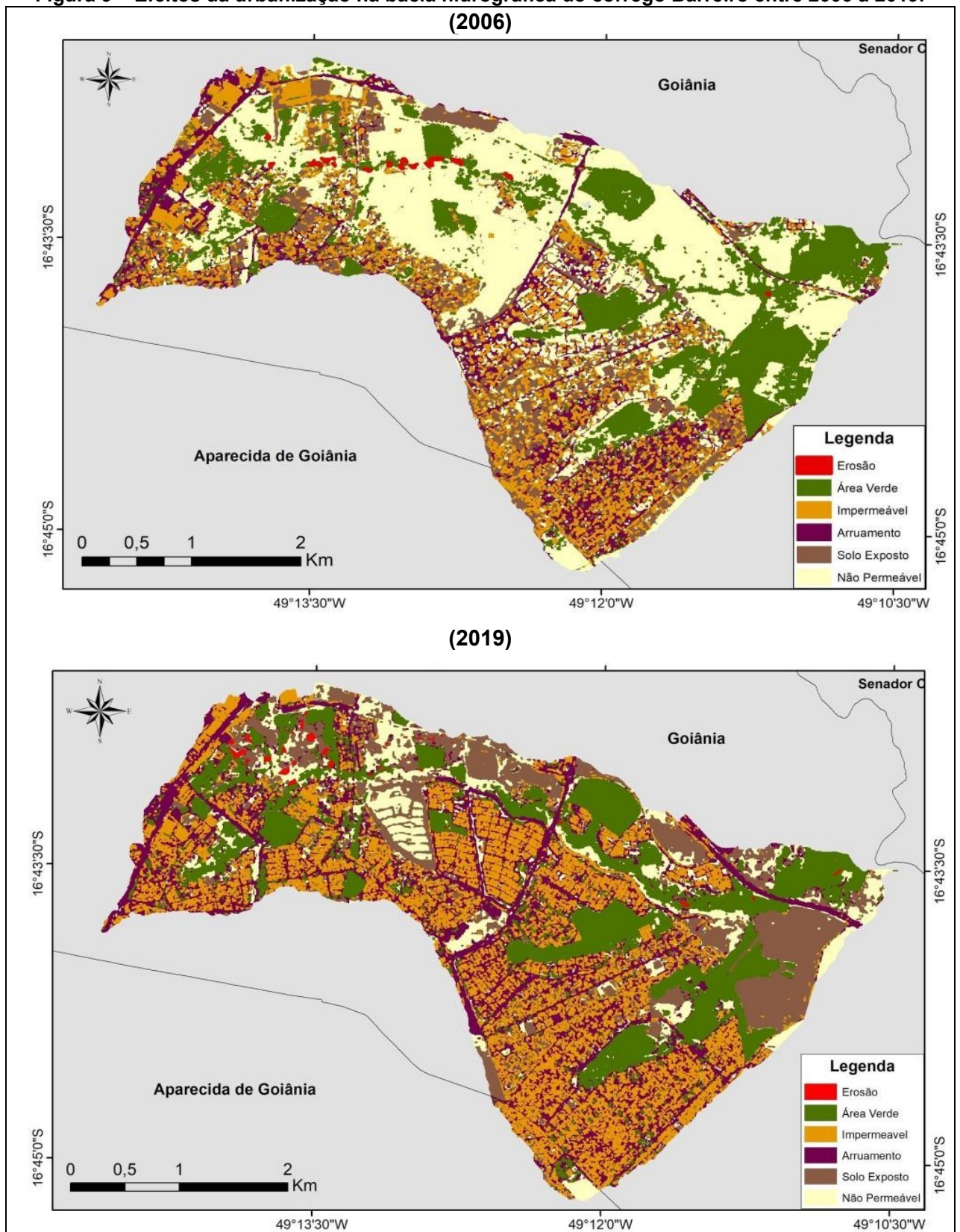
3.1.3 Bacias hidrográficas urbanas

O desenvolvimento urbano desencadeou o aumento da concentração da população em um mesmo local, gerando uma grande competição pelos mesmos recursos naturais disponíveis e, conseqüentemente, extinguindo uma parcela da biodiversidade, alterando o meio físico das bacias hidrográficas (TUCCI, 2008).

De acordo com a European Environment Agency (EEA), a urbanização modifica tanto a morfologia quanto a hidrologia dos cursos d'água. A alteração no uso do solo devido ao elevado desenvolvimento das áreas urbanas e ampliação da sua impermeabilização do solo por meio da concretagem e asfaltamento das ruas obriga a água encontrar novos percursos para o seu escoamento (EEA, 2012).

Com isso, as bacias hidrográficas urbanas situadas dentro das cidades sofrem um constante processo de alteração. De acordo com USDA (1989), essas bacias possuem suas superfícies impermeabilizadas parcialmente ou quase completamente revestidas por asfalto, calçadas, estacionamentos e construções civis. Na Figura 9 é possível identificar os efeitos da urbanização sob a bacia do córrego Barreiro. No lugar de trechos naturais, possuem calhas pavimentadas, galerias de águas pluviais, e entre outros tipos de obras e estruturas hidráulicas.

Figura 9 – Efeitos da urbanização na bacia hidrográfica do córrego Barreiro entre 2006 a 2019.



Fonte: Adaptado de Santos et al. (2021)

3.2 Urbanização

O processo de urbanização no Brasil intensificou nas últimas décadas do

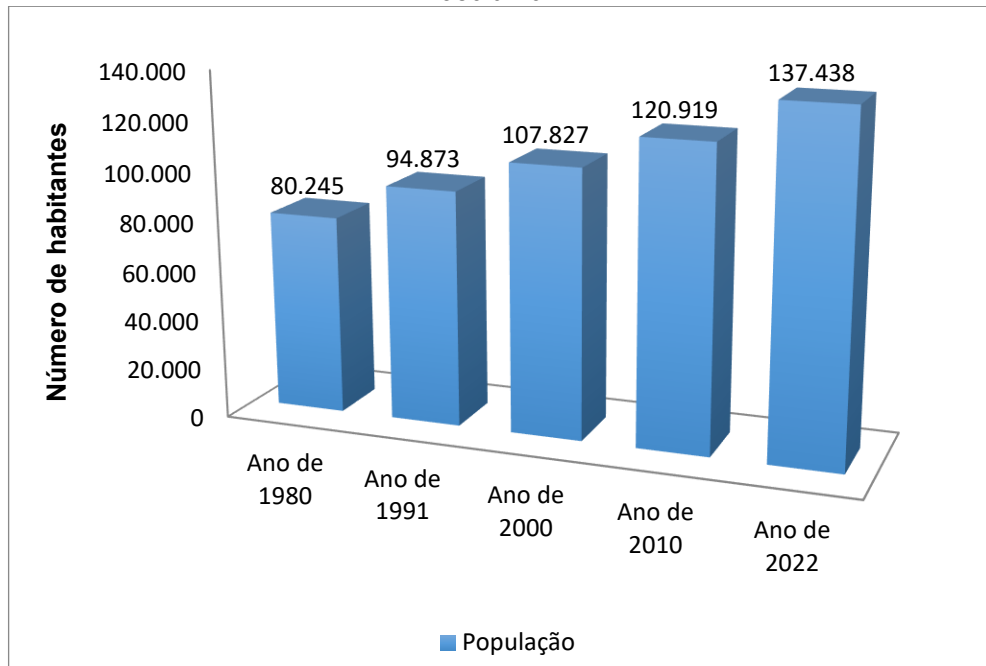
século XX quando houve uma elevada concentração de pessoas em pequenos espaços, ocasionando impactos significativos ao ecossistema terrestre, aquático e a própria população, pois desencadeou o surgimento de novas doenças, consequentemente reduzindo a qualidade de vida (TUCCI, 2005).

A década de 1950 foi marcada pelo início do êxodo rural-urbano, quando aproximadamente 11 milhões de pessoas abandonaram suas vidas no campo e migraram em direção aos centros urbanos, principalmente os localizados no estado de São Paulo (BITTENCOURT et al., 2007).

Tucci (2008) afirma que esse processo de crescimento populacional transformou o Brasil em um país urbano, onde aproximadamente 83% da população estão consolidadas em regiões metropolitanas e em municípios considerados polos regionais. Segundo o IBGE (1998), descreve como regiões metropolitanas, aquelas que possuem um núcleo central que atendem as necessidades de diversos municípios circunvizinhos, em que o percentual de crescimento do núcleo é baixo, enquanto o crescimento da periferia é elevado. A Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios de 2015 mostra que 84,72% da população brasileira residiam em áreas urbanas e apenas 15,28% vivem ainda em áreas rurais (PNAD, 2015).

O processo de urbanização do município de Apucarana iniciou-se com o planejamento feito pela Companhia de Terras Norte do Paraná (CTNP), empresa responsável pela repartição de terras e a integração delas à economia do Estado. Projetada para ser um polo regional de abastecimento para a zona rural da região, Apucarana superou as expectativas e prognósticos feitos pela CTNP em razão do período cafeeiro que ocasionou um aumento da população urbana a partir do ano de 1980, devido ao detrimento da população rural, pois esse período registrou-se o início da modernização e mecanização do campo levando a população migrar para as áreas urbanas, como é possível identificar na Figura 10 (ESCOBAR, 2013; FARIA, 2015).

Figura 10 – Processo evolutivo da urbanização no município de Apucarana entre os anos de 1980 a 2022.



Fonte: Adaptado de Correia et al. (2022)

Inúmeras cidades brasileiras, principalmente as que formam regiões metropolitanas, enfrentaram um intenso processo de urbanização, conseqüentemente surgiram também diversos problemas na infraestrutura urbana, principalmente associada à drenagem de águas pluviais (ANDRADE; SANTOS, 2010).

3.3 Uso e ocupação do solo associado a impactos ambientais

O uso e ocupação do solo é um fator significativo e influencia diretamente nos processos hidrológicos e ecológicos de uma bacia hidrográfica, podendo ocasionar enchentes, contaminação da água e solo, processos erosivos e outros efeitos negativos sobre os recursos hídricos (HENDGES et al., 2017).

Com base nas análises realizadas a partir do uso e ocupação do solo, a ANA (2013) afirma que é possível avaliar as características de potencial de infiltração, escoamento e evapotranspiração, os quais são parâmetros essenciais no planejamento de uma bacia hidrográfica, pois mostra a intensidade das atividades econômicas desenvolvidas sobre a região de estudo, o que podem gerar impactos sobre os elementos naturais dessa área.

A amplificação da urbanização ocasiona a remoção da vegetação nativa, acarretando modificações no padrão de uso e ocupação do solo nas bacias

hidrográficas e no ciclo hidrológico, como mostra a Figura 11.

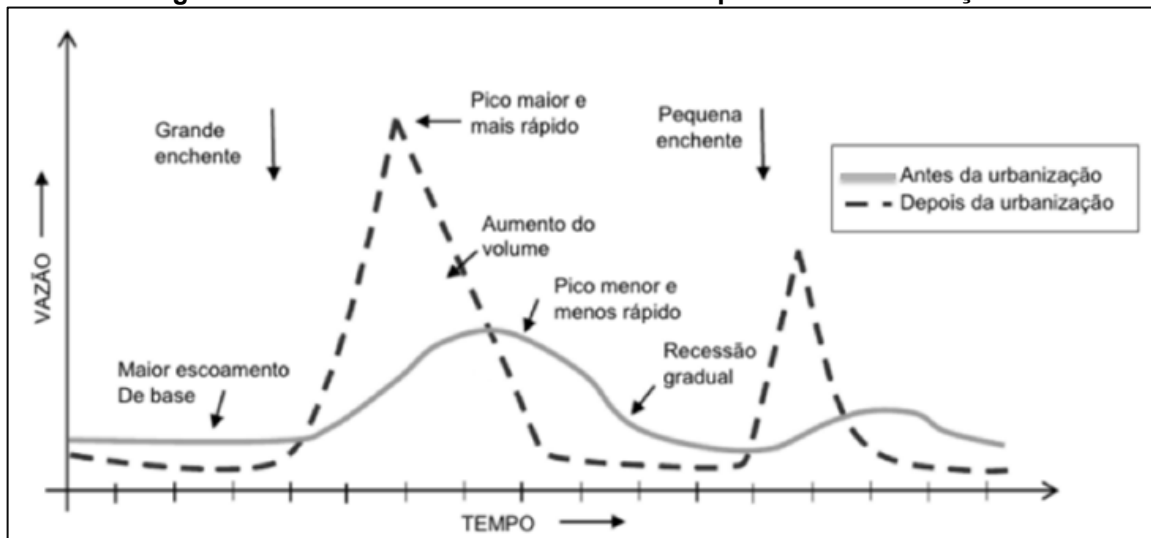
Isso afeta diretamente o escoamento superficial devido ao processo de canalização dos rios urbanos e impermeabilização do solo por meio das pavimentações de ruas, calçadas, estacionamentos, edificações, telhados, entre outros que impedem o escoamento da água provocando a diminuição do tempo de concentração e elevando os picos de vazão na bacia hidrográfica como pode ser visualizado na Figura 12. Também reduz a evapotranspiração, devido à retenção de água na superfície urbanizada não possuir a mesma eficiência da superfície com cobertura vegetal (TUCCI, 2009; HELLER e PÁDUA, 2006; SETTI et al, 2001; POLETO, 2014).

Figura 11 – Influência da urbanização no balanço hídrico.



Fonte: Faria (2013)

Figura 12 – Aumento da vazão devido aos impactos da urbanização.



Fonte: Adaptado de TUCCI (2005)

Tucci (2005) ainda ressalta que o crescimento urbano aumentou a produção de sedimentos provenientes de construções, limpezas de terrenos, pavimentação de ruas e edificações de modo geral, ocasionando erosão nas superfícies desprotegidas; assoreamento das seções de drenagem e carregamento de poluentes associados ao sedimento, como mostra a Figura 13.

Figura 13 – Erosão urbana no município de Bauru/SP.



Fonte: CORGHI et al (2006)

Com o aumento da urbanização, as áreas de inundação ribeirinhas tendem a ser ocupadas pela população devido à gestão inadequada do município e verifica-se uma série de processos que se originam devido à canalização do escoamento e impermeabilização do solo, resultando assim, no aumento do escoamento da drenagem e seus impactos registrados na Figura 14 (TUCCI, 2005).

Figura 14 – Processo de impactos na drenagem urbana.

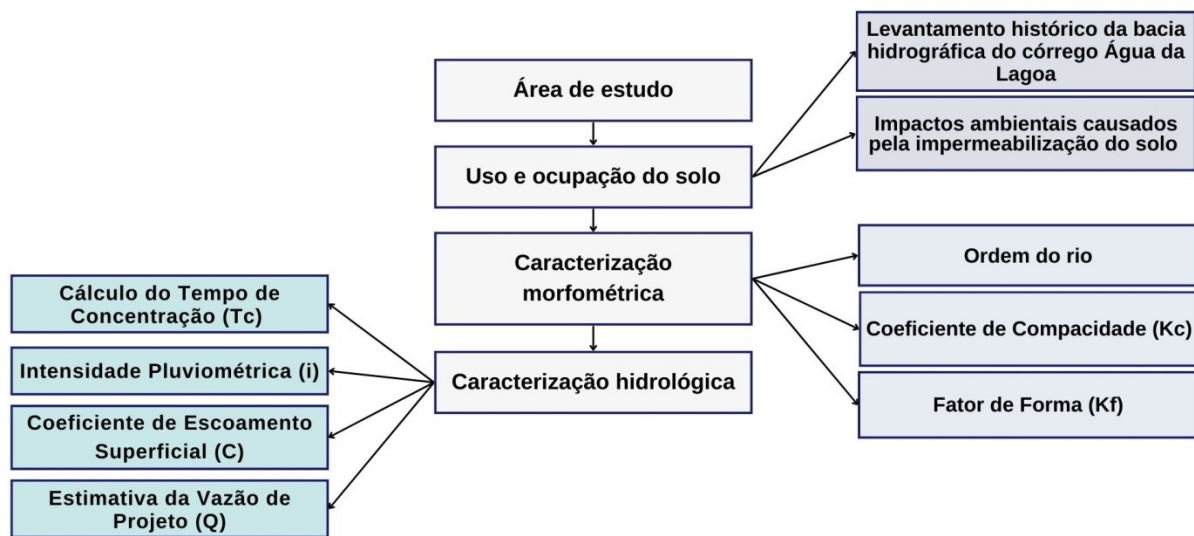


Fonte: Tucci (2005 apud SUDERHSA, 2002)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia desenvolvida neste projeto se iniciou a partir da observação da área de estudo onde a bacia hidrográfica do córrego Água da Lagoa está inserida. Para isso foi necessário à utilização do software Google Earth Pro e a realização de visitas a campo. Os dados coletados foram relevantes para a execução dos demais procedimentos apresentados na Figura 15.

Figura 15 – Fluxograma da metodologia abordada neste trabalho.

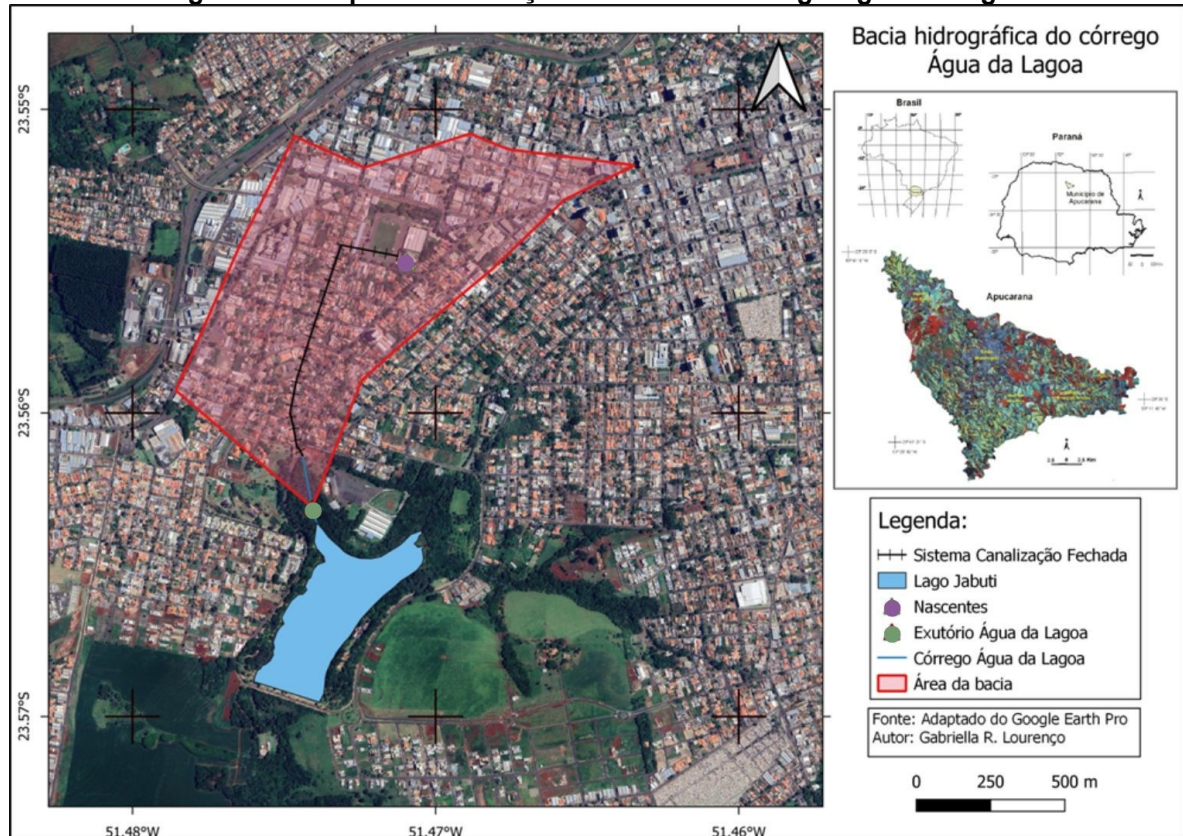


Fonte: Autoria própria (2022)

4.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do córrego Água da Lagoa (Figura 16) se encontra na região central do município de Apucarana, o qual está localizado no norte central paranaense, entre as latitudes 23° 33' 24.79" Sul e longitude 51° 28' 15.59" Oeste, a uma altitude média de 866,23 metros, contando com aproximadamente 137.438 habitantes segundo o IBGE (2021), ocupando uma extensão territorial de 558,389 Km². Apucarana limita-se ao Norte com o município de Arapongas, ao Sul com Rio Bom, Califórnia, Marilândia do Sul e Novo Itacolomi, a leste com Londrina e a oeste com Cambira (IBGE, 2021).

Figura 16 – Mapa de localização da bacia do córrego Água da Lagoa.



Fonte: Adaptado do software QGIS (2023), Google Earth Pro (2022) e Manosso, F. C. (2004)

O conjunto de nascentes que formam o córrego Água da Lagoa (Figura 17) está situado abaixo de onde atualmente é o Complexo Esportivo José Antônio Basso (Figura 18), popularmente conhecido como Lagoão. Toda região foi drenada e canalizada de forma totalmente fechada, tanto as nascentes quanto o córrego, o qual percorre galerias pluviais até a Associação Cultural Esportiva Apucarana – ACEA (Figura 19), desaguando posteriormente no lado norte do Lago Jaboti.

Figura 17 – Demarcação dos poços na Planta do Campo Água da Lagoa (atual Complexo Esportivo José Antônio Basso).



Fonte: Adaptado do Arquivo de Projetos da Prefeitura Municipal de Apucarana (2022)

Figura 18 – Complexo Esportivo José Antônio Basso atualmente.



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 19 – Associação Cultural Esportiva de Apucarana – ACEA e região onde deságua a galeria pluvial proveniente da drenagem das nascentes localizadas abaixo do Complexo Esportivo José Antônio Basso.



Fonte: Autoria própria (2022)

4.2 Uso e ocupação do solo

O uso e ocupação inapropriados das áreas urbanas podem ocasionar modificações no ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica, principalmente no processo de escoamento superficial e infiltração das águas pluviais, devido à impermeabilização do solo (ROCHA; TIZ; CUNHA, 2009).

A classificação do uso e ocupação do solo foi realizada conforme o Projeto De Lei Complementar nº 008/2020, a qual dispõe sobre o Uso e Ocupação do Solo do Município de Apucarana e com base no Zoneamento Urbano do município.

4.2.1 Levantamento histórico da bacia hidrográfica do córrego Água da Lagoa

Por se tratar de uma bacia urbanizada, houve diversas alterações ao longo dos anos, portanto foi realizada uma comparação das alterações na área de estudo, observando as ortofotos disponibilizadas pelo site do Instituto Água e Terra (IAT, 2022) referente ao ano de 1980 com imagens atuais. Além da busca por informações no Jornal Tribuna do Norte, biblioteca municipal e arquivos disponibilizados pela prefeitura do município de Apucarana.

4.2.2 Impactos ambientais causados pela impermeabilização do solo

Nesse projeto foram analisados os principais impactos ambientais ocasionados pela impermeabilização do solo, devido à intensa expansão populacional entre os anos de 1980 até os dias atuais. O Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) foi aplicado para identificar potenciais problemas e riscos ao longo da bacia hidrográfica urbana, foram realizadas visitas em campo, observando 6 pontos estratégicos, sendo:

- 3 pontos acima do talvegue canalizado, sendo:

Quadro 2 – Pontos coletados acima do talvegue canalizado.

Ponto	Localização
A	Complexo esportivo José Antônio Basso
B	Ponto intermediário situado na rua Antônio José de Oliveira, esquina com a rua Paulo Kisner
C	Associação Cultural Esportiva Apucarana (ACEA)

Fonte: Autoria própria (2023)

- 3 pontos na região do exutório do córrego Água da Lagoa, sendo:

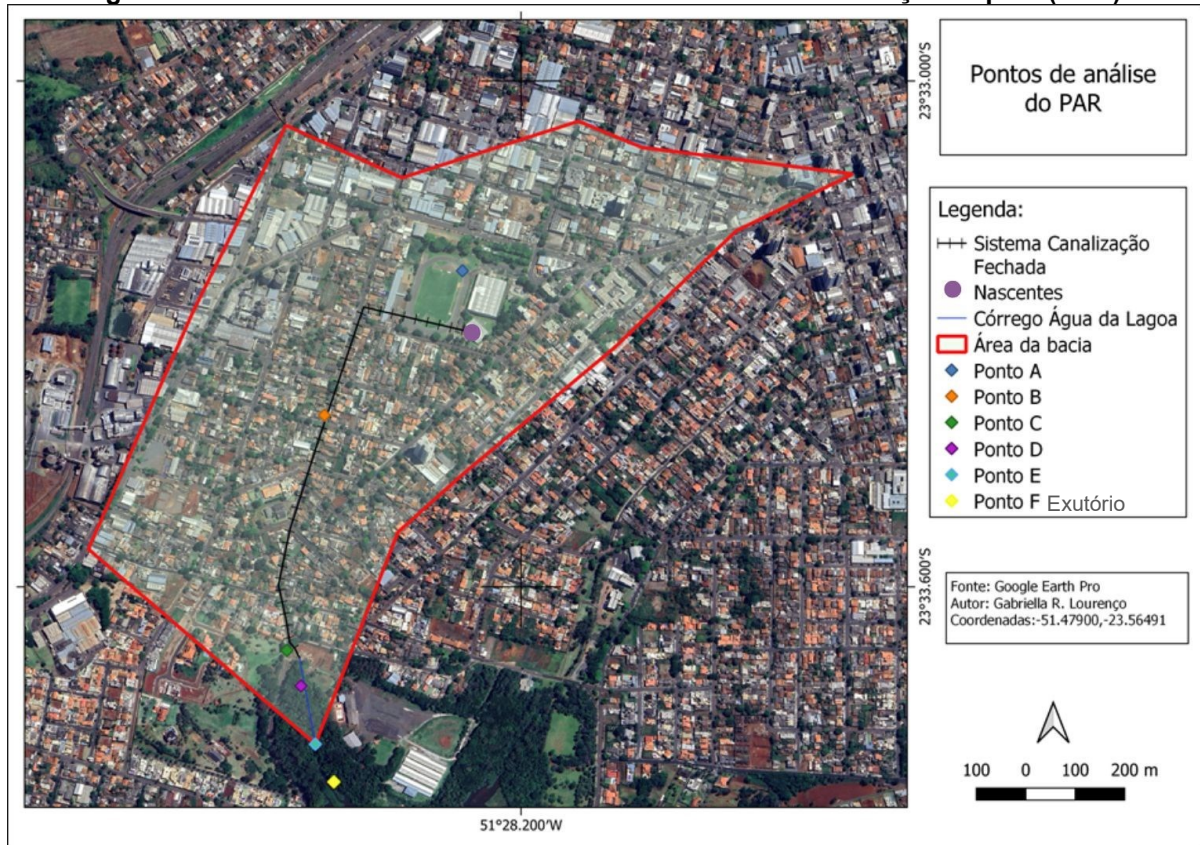
Quadro 3 – Pontos analisados na região do exutório do córrego Água da Lagoa.

Ponto	Localização
D	Final da canalização fechada
E	Ponto intermediário antes do exutório
F	Exutório da bacia do córrego Água da Lagoa

Fonte: Autoria própria (2023)

Os pontos de coleta de dados abordados nos Quadro 2 e Quadro 3 foram representados pela Figura 20 e analisados individualmente.

Figura 20 – Pontos de análises utilizados no Protocolo de Avaliação Rápida (PAR).



Fonte: Adaptado do software QGIS (2023) e Google Earth Pro (2023)

Baseado no critério avaliativo utilizado por Coelho e Pontini (2019), representado no Quadro 4, para cada indicador foram atribuídos valores que representem a condição do local em análise (mínimo um e máximo três), sendo que, quanto maior a pontuação, menor o nível de impacto na bacia hidrográfica do córrego Água da Lagoa, ou seja, trechos com maiores notas indicam condições ambientais melhores e média total classifica a qualidade ambiental da bacia hidrográfica como um todo.

Quadro 4 – Escala avaliativa de qualidade ambiental.

Ruim	Intermediária	Boa
10 a 16 pontos	17 a 23 pontos	24 a 30 pontos

Fonte: Adaptado de Coelho e Pontini (2019)

Quadro 5 – Protocolo de Avaliação Rápida para levantamento dos impactos na Bacia do Córrego Água da Lagoa.

Localização:							
Data da coleta:							
Responsável:							
Indicadores	Pontuação			Ponto de coleta			Média
	1	2	3	A	B	C	
Tipos de ocupação nas margens e proximidades	Residencial, comercial e industrial	Pastagem, agricultura, florestamento	Vegetação nativa				
Obras e estruturas hidráulicas	Totalmente canalizado e/ou tamponado	Parcialmente canalizado (margens ou fundo)	Ausente				
Resíduos sólidos	Muito	Pouco	Ausente				
Analisando especificamente o exutório							
Indicadores	Pontuação			Ponto de coleta			Média
	1	2	3	D	E	F	
Espumas e manchas no exutório	Muita	Pouca	Ausente				
Odor da água (exceto mangue) no exutório	Forte	Fraco	Ausente				
Turbidez da água no exutório	Opaca ou colorida	Turva/cor de chá	Transparente				
Oleosidade da água no exutório	Observa-se muitas manchas de óleo na água	Observa-se poucas manchas de óleo na água	Não há indícios de óleo na água				
Proteção/ Estrutura das margens no exutório	Sem proteção	Pouco protegida	Protegida				
Erosão no exutório	Erosão com muitas raízes expostas	Moderada	Sem erosão				
Fauna na região do exutório	Ausência de animais nativos	Presença moderada de animais nativos	Presença de animais nativos				
TOTAL							

Fonte: Adaptado de Almeida, R.F.B. et al.(2019, p. 4-5) e Coelho e Pontini (2019)

4.3 Caracterização morfométrica

Após a delimitação da bacia hidrográfica do córrego Água da Lagoa, foi

realizado um pré-levantamento dos parâmetros morfométricos, pois é fundamental obter alguns resultados preliminares antes de finalizar a metodologia da pesquisa, uma vez que para os cálculos de tempo de concentração e vazão máxima foram utilizados a área da bacia, a declividade e o comprimento do talvegue. Os dados foram obtidos a partir do software Google Earth Pro conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Características da Bacia Hidrográfica em estudo.

Parâmetros observados na bacia	Valores
Latitude da localidade mais elevada da bacia	23°33'6.79"S
Longitude da localidade mais elevada da bacia	51°27'48.34"O
Altitude da localidade mais elevada da bacia (m)	865
Latitude da localidade mais baixa da bacia	23°33'47.22"S
Longitude da localidade mais baixa da bacia	51°28'26.73"O
Altitude da localidade mais baixa da bacia (m)	753
Área da bacia Hidrográfica (km ²)	0,89
Perímetro da bacia hidrográfica (km)	4,56
Declividade média da bacia (m/m)	0,07
Comprimento de drenagem principal (km)	1,13

Fonte: Adaptado do software Google Earth Pro (2022)

As características morfométricas estão relacionadas ao comportamento de uma bacia hidrográfica, além das características associadas ao relevo descrito na Tabela 1, incluem também a ordem do rio, coeficiente de compacidade e o fator de forma (Tabela 2). Para melhor classificar o coeficiente de compacidade, foram realizados registros fotográficos utilizando um drone.

Tabela 2 – Parâmetros morfométricos de uma bacia hidrográfica.

Parâmetro	Equação ou método	Verificar
Ordem do rio	Método de Strahler (1947)	Item 3.1.1
Coeficiente de compacidade (Kc)	$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$	Equação 1 do Item 3.1.1
Fator de forma (Kf)	$Kc = \frac{A}{L^2}$	Equação 2 do Item 3.1.1

Fonte: Adaptado de Villela e Mattos (1975)

4.4 Caracterização hidrológica

Para elaboração desse projeto, foi realizado uma simulação por meio do software Canal (2023) para se obter os dados de intensidade pluviométrica e vazão máxima da década de 1980, pois não havia equação da chuva para o município de

Apucarana nesse período. E para os dados atuais foram analisados: tempo de concentração da bacia; a intensidade pluviométrica; escoamento superficial e vazão máxima (Tabela 3).

Tabela 3 – Parâmetros hidrológicos de uma bacia hidrográfica.

Parâmetro	Equação ou método	Verificar
Cálculo do tempo de concentração (Tc)	Método de Carter (1961)	Equação 3 do Item 3.1.2
Intensidade pluviométrica (<i>i</i>)	Gonçalves (2011)	Equação 4 do Item 3.1.2
Coefficiente de escoamento superficial (C)	$C = \frac{\sum A_n \cdot C_n}{\sum A_n}$	Equação 5 do Item 3.1.2
Estimativa da Vazão Máxima (Q)	$Q = 0,278 \cdot C \cdot i \cdot A$	Equação 6 do item 3.1.2

Fonte: Adaptado Carter (1961); Gonçalves (2011); Garotti e Barbosa (2010) e Tucci (2009)

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção tem como finalidade apresentar os resultados, incluindo mapas, tabelas e imagens reproduzidas em softwares, assim como sua respectiva análise oriunda do desenvolvimento deste projeto.

5.1 Levantamento histórico

Com o acelerado desenvolvimento do município de Apucarana no início da década de 70, houve a necessidade de se obter uma praça esportiva que suprisse as necessidades dos atletas de diferentes modalidades, além de incluir o município como sede em campeonatos importantes que ocorriam na época.

E foi na gestão do prefeito Valmor Giavarina, entre 1969 a 1973, que um terreno naturalmente alagado na região central da cidade, popularmente conhecido como “campo da lagoa”, indicado pela seta vermelha na Figura 21, virou alvo do tão almejado ginásio de esportes. A região de inundação natural contava com 6 nascentes, como demonstra a catalogação disponibilizada pelo Arquivo de Projetos da Prefeitura Municipal de Apucarana (2022) representada na Figura 17, as quais foram completamente canalizadas de modo inteiramente fechado e direcionadas para uma região de fundo de vale chamado na época de “Buracão da Vila Brasil”, onde hoje se encontra o atual Lago Jaboti. Na Figura 22 é possível visualizar a nivelção do terreno para dar início as obras.

Figura 21 – Região de inundação natural escolhida para construção do ginásio de esportes em 1965.



Fonte: Adaptado do acervo histórico do Jornal Tribuna do Norte (2023)

Figura 22 – Início da terraplanagem para a construção em 1971.



Fonte: Acervo histórico do Jornal Tribuna do Norte (2023)

O processo de drenagem e canalização de toda essa área foi um grande desafio para o setor de obras da época e evoluiu nas seguintes gestões municipais, obtendo avantajado progresso durante a administração do Prefeito Luiz Antônio Biacchi, entre 1973 a 1977, o qual prometeu entregar a praça de esportes até o final do seu mandato. Paralelo à construção do Ginásio de Esportes, estava acontecendo ainda a drenagem da região e a implantação de redes de galerias destinadas ao escoamento de águas pluviais, pelo qual também escoaria toda água canalizada, como mostra as Figuras 23, Figura 24, Figura 26 e Figura 26.

Figura 23 – Abertura das primeiras valas para implantação da tubulação em 1975.



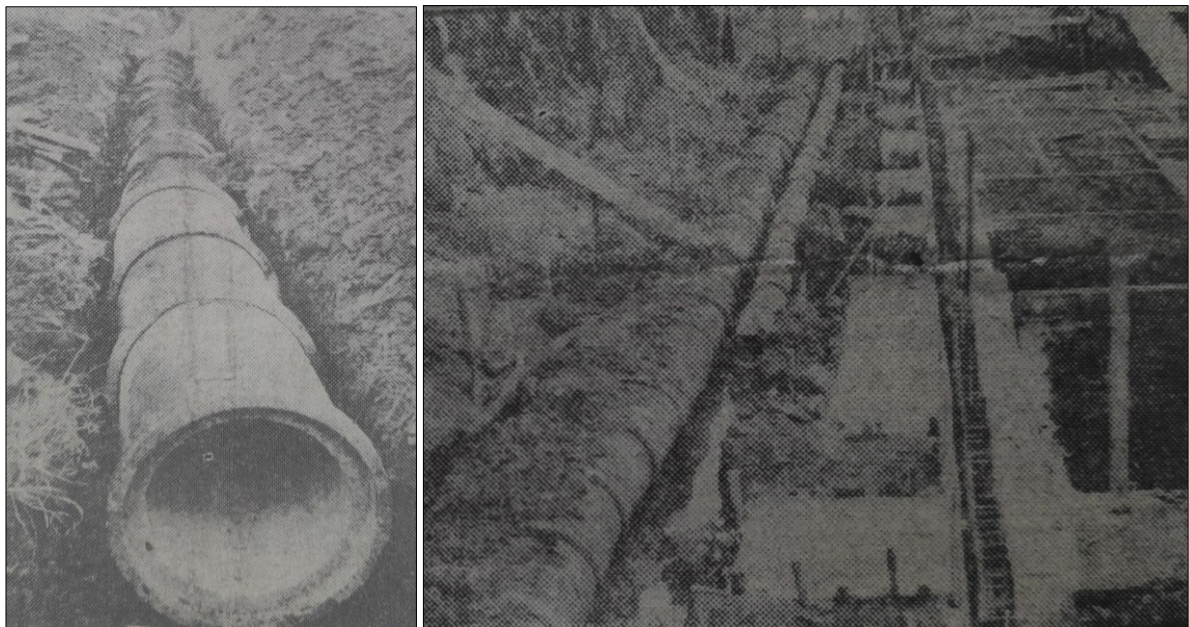
Fonte: Acervo histórico do Jornal Tribuna do Norte (2023)

Figura 24 – Início da colocação dos tubos de drenagem em 1975.



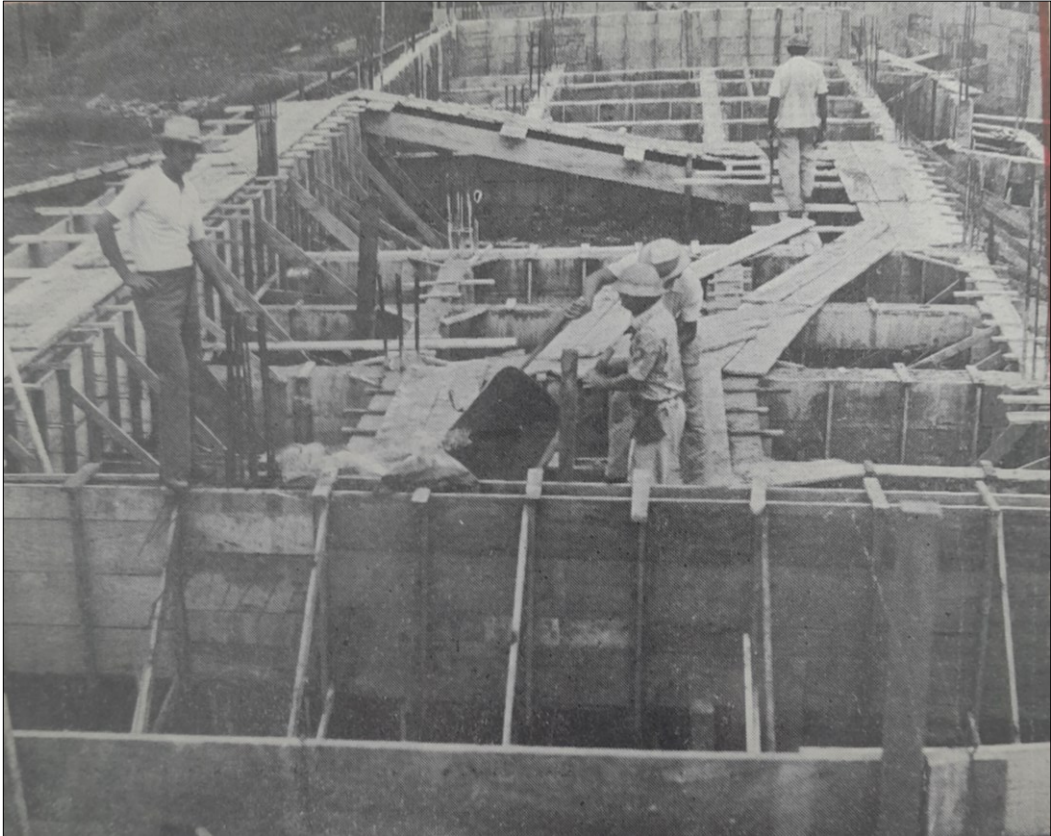
Fonte: Acervo histórico do Jornal Tribuna do Norte (2023)

Figura 25 – Colocação dos tubos de drenagem ao lado da construção do ginásio de esportes em 1976.



Fonte: Acervo histórico da Secretaria de Esporte de Apucarana (2023)

Figura 26 – Construção do ginásio de esportes em 1976.



Fonte: Acervo histórico do Jornal Tribuna do Norte (2023)

Distribuídos em três turnos, mais de 200 operários trabalharam obstinadamente na execução desse projeto (Jornal Tribuna do Norte, 2021). De acordo com a reportagem exibida pela Tribuna da Cidade em 1976 (atual Tribuna do Norte) disponibilizada pela Secretária de Esportes - Apucarana, a região que possuía 16.000 m² teve aproximadamente 5.000 m² de área construída ao finalizar o ginásio de esportes, contando com arquibancadas com capacidade para abrigar 8.000 pessoas, alojamentos, vestiários subterrâneos, sanitários, na parte superior foram construídos quatro cabines telefônicas, quatro cabines para o uso da imprensa, bares e tribuna de honra, além da instalação de um placar eletrônico moderno. Na Figura 27 e Figura 28 é possível observar as etapas de finalização do ginásio. A menos de um mês da sua inauguração ele já havia sido concluído (Figura 29) e o foco então era os reparos finais como a roçagem do mato que cresceu após as obras de drenagem do local (Figura 30 e Figura 31) e o asfaltamento das vias principais que davam acesso à praça esportiva (Figura 32 e Figura 33).

Figura 27 – Etapas finais da construção do ginásio de esportes (lateral direita) em 1976.



Fonte: Acervo histórico da Secretaria de Esporte de Apucarana (2023)

Figura 28 – Etapas finais da construção do ginásio de esportes (lateral esquerda) em 1976.



Fonte: Acervo histórico da Secretaria de Esporte de Apucarana (2023)

Figura 29 – Ginásio já finalizado (sem a roçagem) em 1976.



Fonte: Acervo histórico da Secretaria de Esporte de Apucarana (2023)

Figura 30 – Limpeza da área ao redor do ginásio em 1976.



Fonte: Acervo histórico da Secretaria de Esporte de Apucarana (2023)

Figura 31 – Ginásio de esportes finalizado após roçagem em 1976.



Fonte: Acervo histórico da Secretaria de Esporte de Apucarana (2023)

Figura 32 – Início do asfaltamento na entrada do ginásio em 1976.



Fonte: Acervo histórico da Secretaria de Esporte de Apucarana (2023)

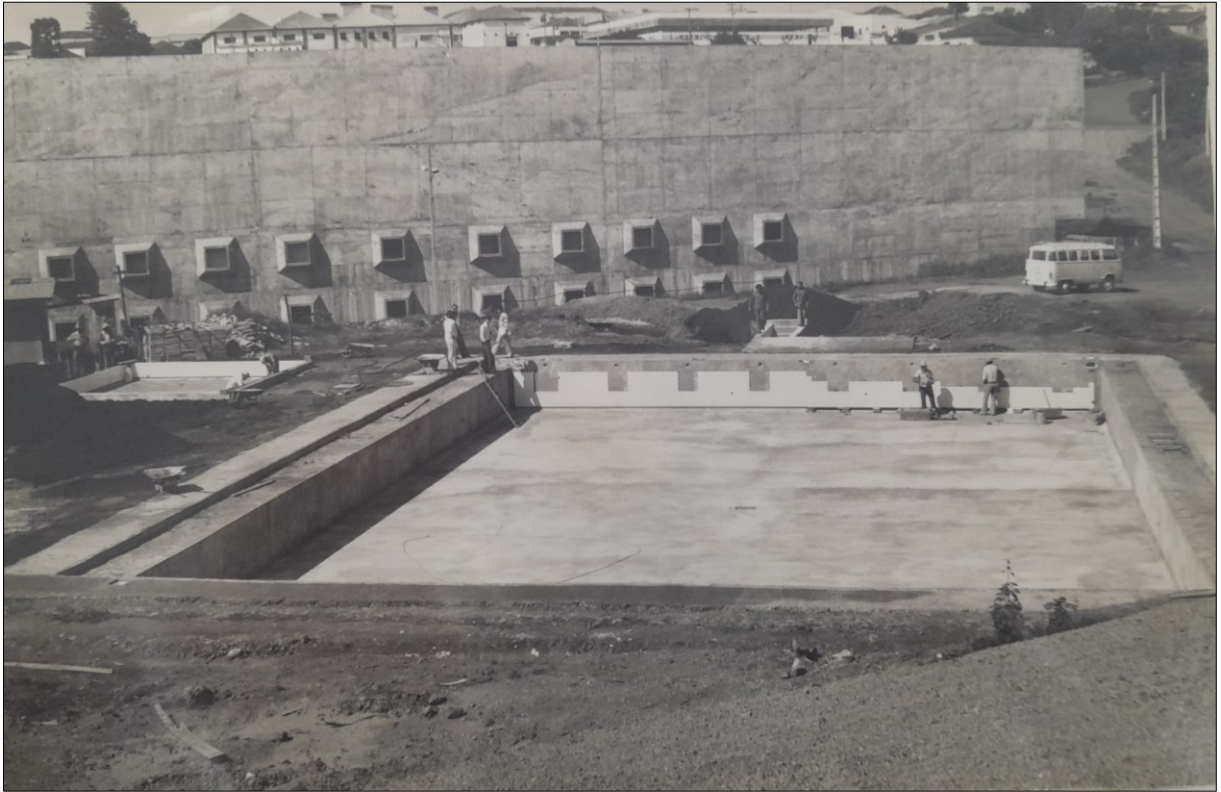
Figura 33 – Rua principal de acesso ao ginásio de esportes asfaltada em 1976.



Fonte: Acervo histórico da Secretaria de Esporte de Apucarana (2023)

A grande inauguração do ginásio de esportes aconteceu no dia 13 de novembro de 1976 e foi apelidado pela população de Lagoão. Em 1977, ao assumir a prefeitura, Voldimir Maistrovicz deu continuação ao projeto de complementação da praça esportiva e construiu em seu mandato uma piscina (Figura 34) a qual foi inaugurada em 1979 (Figura 35) e na sequência foi construída a pista de atletismo (Figura 36), a qual foi inaugurada em 1982, com a presença do maior recordista mundial em salto triplo da época, o medalhista olímpico João Carlos de Oliveira, conhecido como João do Pulo, o qual estava em uma cadeira de rodas devido ao acidente sofrido em 1981 que levou a amputação de uma de suas pernas (Figura 37).

Figura 34 – Construção da piscina olímpica em 1979.



Fonte: Acervo histórico do Jornal Tribuna do Norte (2023)

Figura 35 – Piscina finalizada em 1979.



Fonte: Acervo histórico do Jornal Tribuna do Norte (2023)

Figura 36 – Construção da pista de atletismo em 1981.



Fonte: Acervo histórico do Jornal Tribuna do Norte (2023)

Figura 37 – Inauguração da pista de atletismo, com a presença do medalhista olímpico João Carlos de Oliveira em 1982.



Fonte: Acervo histórico do Jornal Tribuna do Norte (2023)

Em 1994, o complexo esportivo passa a ser chamado de José Antônio Basso, em homenagem ao ex-jogador e técnico da seleção de futsal de Apucarana,

o qual faleceu em 21 de outubro de 1993, as vésperas da abertura da fase final dos Jogos Abertos do Paraná (JAP's) (Figura 38).

Figura 38 – Complexo Esportivo José Antônio Basso no final da década de 1980.



Fonte: Acervo histórico do Jornal Tribuna do Norte (2023)

Com o passar dos anos o complexo esportivo foi esquecido e de acordo com a reportagem publicada em 9 de janeiro de 2013 (Prefeitura Municipal de Apucarana, 2023) foram realizados vistorias pela Secretaria de Obras e Serviços Urbanos, pelo Instituto de Desenvolvimento, Pesquisa e Planejamento de Apucarana (Idepplan) e o Corpo de Bombeiros, que apresentaram uma série de problemas na parte hidráulica e elétrica, pois a ausência de manutenção recorrente gerou diversos problemas na infraestrutura do local.

As águas pluviais provenientes da região central do município de Apucarana são direcionadas a galeria pluvial que está situada abaixo do Complexo Esportivo José Antônio Basso juntamente com toda canalização das nascentes. Segundo uma reportagem publicada no dia 22 de junho de 2018 pelo Portal de Notícias da Prefeitura Municipal de Apucarana (2023), relata que parte dessa galeria cedeu nas proximidades da pista de arremesso de dardo, pois não suportou o elevado volume de água, que segundo o secretário municipal de obras, é recorrente em épocas chuvosas.

Atualmente, o ginásio de esportes como mostra na Figura 39 é muito utilizado pela Secretaria de Esportes de Apucarana e a população, ofertando diversas modalidades de esportes no complexo e são recorrentes as melhorias efetuadas pela atual gestão. Em relação à região onde finaliza a canalização fechada e a região onde está localizado o exutório da bacia hidrográfica (Figura 40), apresentam inúmeros problemas que foram avaliadas no PAR que será abordado a seguir.

Figura 39 – Complexo esportivo José Antônio Basso – Lagoão em 2023.



Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 40 – Exutório da bacia hidrográfica Água da Lagoa em 2023.



Fonte: Autoria própria (2023)

5.2 Protocolo de Avaliação Rápida (PAR)

A partir dos registros fotográficos e visitas em campo foi possível pontuar os principais impactos existentes na bacia hidrográfica do córrego Água da Lagoa, os quais foram apresentados no Quadro 6.

Quadro 6 – PAR.

Localização: Bacia hidrográfica do córrego Água da Lagoa – Apucarana, Paraná							
Data da coleta: 27 de maio de 2023.							
Responsável: Gabriella R. Lourenço e Andrea S. Jabur							
Indicadores	Pontuação			Ponto de coleta			Média
	1	2	3	A	B	C	
Tipos de ocupação nas margens e proximidades	Residencial, comercial e industrial	Pastagem, agricultura, florestamento	Vegetação nativa	1	1	1	1
Obras e estruturas hidráulicas	Totalmente canalizado e/ou tamponado	Parcialmente canalizado (margens ou fundo)	Ausente	1	1	1	1
Resíduos sólidos	Muito	Pouco	Ausente	2	3	3	2,67
Analisando especificamente o exutório							
Indicadores	Pontuação			Ponto de coleta			Média
	1	2	3	D	E	F	
Espumas e manchas no exutório	Muita	Pouca	Ausente	2	3	3	2,7
Odor da água (exceto mangue) no exutório	Forte	Fraco	Ausente	1	2	3	2
Turbidez da água no exutório	Opaca ou colorida	Turva/cor de chá	Transparente	1	2	2	1,7
Oleosidade da água no exutório	Observa-se muitas manchas de óleo na água	Observa-se poucas manchas de óleo na água	Não há indícios de óleo na água	3	1	3	2,3
Proteção/ Estrutura das margens no exutório	Sem proteção	Pouco protegida	Protegida	1	1	1	1
Erosão no exutório	Erosão com muitas raízes expostas	Moderada	Sem erosão	1	1	2	1,33
Fauna na região do exutório	Ausência de animais nativos	Presença moderada de animais nativos	Presença de animais nativos	2	2	2	2
TOTAL							17,7

Fonte: Adaptado de Almeida, R.F.B. et al.(2019, p. 4-5) e Coelho e Pontini (2019)

- Ponto A

O Ponto A está situado no complexo esportivo José Antônio Basso, primeiro local a ser observado pois é onde se encontra as nascentes canalizadas na década 1980, foi possível acessar algumas áreas como o campo, pista de atletismo, piscina e dentro do ginásio, constatando uma intensa ocupação por áreas residenciais, industriais e comerciais ao redor do complexo.

As obras hidráulicas nesse ponto são referentes a toda canalização das nascentes e as galerias pluviais provenientes dos bairros nos arredores que passam pela região, podendo identificar algumas caixas de ligação entre as tubulações. Existe pouca quantidade de resíduos sólidos descartados incorretamente, pois há diversas lixeiras dispostas por toda área, porém foi identificado disposição inadequada dos materiais usados na caldeira que aquece a piscina e sacos plásticos na calha de escoamento ao lado do ginásio, como é possível verificar nos registros abordados na Figura 41.

Figura 41 – Ponto A: Complexo esportivo José Antônio Basso, onde a) pista de atletismo e campo de futebol; b) lateral do ginásio com disposição inadequada de material e resíduo sólido; c) piscina olímpica coberta; d) frente do ginásio de esportes; e) interior do ginásio de esportes e f) Caixa de ligação entre as tubulações.



Fonte: Autoria própria (2023)

- Ponto B

O ponto B está situado em uma região intermediária na rua Antônio José de Oliveira, esquina com a rua Paulo Kisner, nesse ponto é possível notar a declividade da bacia hidrográfica e onde percorre a galeria pluvial canalizada, demarcando assim o talvegue do corpo hídrico.

Existe uma grande ocupação residencial nas proximidades e a estrutura hidráulica totalmente tamponada, porém, sem indícios de resíduos sólidos dispostos irregularmente, como é possível verificar na Figura 42.

Figura 42 – Ponto B: Ponto intermediário, onde a) mostra a declividade da bacia direcionando o escoamento superficial e b) local onde se realizou a análise do ponto intermediário: rua Antônio José de Oliveira esquina com a rua Paulo Kisner.



Fonte: Autoria própria (2023)

- Ponto C

O ponto C está situado na região urbanizada com menor declividade na bacia hidrográfica que antecede o final da canalização fechada, onde está localizado a Associação Cultural Esportiva de Apucarana (ACEA) na Avenida Jaboti, como é

possível verificar na Figura 43. A região nas proximidades é composta na maior parte por residências e o salão de eventos da ACEA.

As estruturas hidráulicas estão totalmente tamponadas e não há presença de resíduos sólidos nessa região, a qual também possui diversas lixeiras ao redor.

Figura 43 – Ponto C: último ponto analisado, onde a) ponto asfaltado com menor declividade da bacia hidrográfica, situado na Avenida Jaboti e b) Associação Cultural Esportiva Apucarana (ACEA) e ao lado o início da área de vegetação ao redor do exutório.



Fonte: Autoria própria (2023)

- Ponto D

O ponto D está localizado ao lado da ACEA, exatamente sobre o final da canalização fechada e onde o córrego Água da Lagoa faz sua primeira aparição. Na Figura 44 é possível notar que não há indícios de óleo na água, porém, há presença de algumas manchas nesse ponto, com forte odor e coloração acinzentada, muito provavelmente indicando o despejo de esgoto doméstico clandestino nessa rede pluvial.

Nesse ponto não foi verificado nenhum tipo de estrutura de proteção nas margens, porém registrou-se a presença de intensos processos erosivos com muitas raízes expostas e árvores caídas. Foi notado poucos animais nativos nas proximidades, como pássaros.

Figura 44 – Ponto D: final da canalização fechada, onde a) área natural ao redor da galeria pluvial; b) erosão acentuada no final da tubulação e coloração acinzentada da água e c) corpo hídrico com diversas barreiras naturais, como cascalhos, árvores caídas e resíduos sólidos.



Fonte: Autoria própria (2023)

- Ponto E

O ponto E está situado em uma região intermediária antecedendo o exutório, onde foi possível verificar nos registros fotográficos abordados na Figura 45, a presença de uma extensa película oleosa sobre a superfície da água, uma grande quantidade de resíduos sólidos nas margens e nos barramentos naturais, provocados pela poluição difusa, como escoamento superficial de ruas, áreas industriais, resíduos de atividades domésticas, entre outros, que foram arrastados pela água da chuva, chegando até o córrego.

Embora o odor e as manchas tenham reduzido, a coloração da água ainda se apresenta turva/cor de chá.

As margens não possuem nenhuma estrutura de proteção, há indícios de movimentação frequente de pessoas nesse ponto, o qual possui muita erosão ainda e notou-se presença moderada de animais nativos.

Figura 45 – Ponto E: ponto intermediário antes do exutório, onde a) diversas árvores caídas e utilizadas por pescadores como “ponte” para atravessar o outro lado do córrego e ao fundo a tubulação de esgoto da SANEPAR; b) árvores caídas, resíduos sólidos e é possível observar a coloração cor de chá do corpo hídrico; c) a mancha de óleo na superfície da água; d) disposição inadequada de resíduos sólidos; e) acúmulo de óleo nas margens do corpo hídrico e f) vista para o exutório da bacia hidrográfica.



Fonte: Autoria própria (2023)

- Ponto F

O ponto F está situado no exutório da bacia do córrego Água da Lagoa, sendo esse um dos afluentes do Lago Jaboti. Nos registros fotográficos apresentados na Figura 46 é possível observar que esse ponto não possui manchas e espumas, nem odor forte, a água permanece com a coloração turva/cor de chá, não há indícios de oleosidade na água e consta uma grande quantidade de resíduos sólidos.

Não há nenhuma estrutura de proteção nas margens, o processo erosivo encontra-se moderado e há presença moderada de animais nativos, como capivaras, patos selvagens e algumas aves.

Figura 46 – Ponto F: Exutório da bacia do córrego Água da Lagoa, onde a) mostra resíduos sólidos nas margens do exutório; b) a coloração cor de chá da água; c) resíduos sólidos nas margens; d) vista aproximada do exutório da bacia e vegetação nativa; e) presença de animais e processos erosivos e f) vista do exutório.



Fonte: Autoria própria (2023)

A partir dessa análise minuciosa dos pontos ao longo do corpo hídrico desde sua nascente até o exutório, obteve-se a partir da média, a pontuação de 17,7, classificando assim a qualidade da água da bacia do córrego Água da Lagoa como intermediária, porém próxima de se tornar ruim, devido aos inúmeros impactos abordados anteriormente. Comparando com os segmentos avaliados pelo autor Coelho e Pontini (2019), o qual analisou o Rio Iconha e o Rio Piúma, localizados no estado do Espírito Santo. Por se tratar de dois corpos hídricos distintos e totalmente abertos, a classificação foi elaborada por pontos e não classificando a qualidade do rio por completo, igual foi realizado nesse projeto de pesquisa. Porém, os resultados foram muito próximos, onde prevaleceu a qualidade intermediária no corpo hídrico, pois alguns pontos analisados por Coelho e Pontini (2019), correspondem a trechos situados em área urbana, onde há presença de residências nas margens desses rios, com relatos de inundações esporádicas, ligações clandestinas de esgoto doméstico, despejo inadequado de resíduos sólidos e presença de processos erosivos.

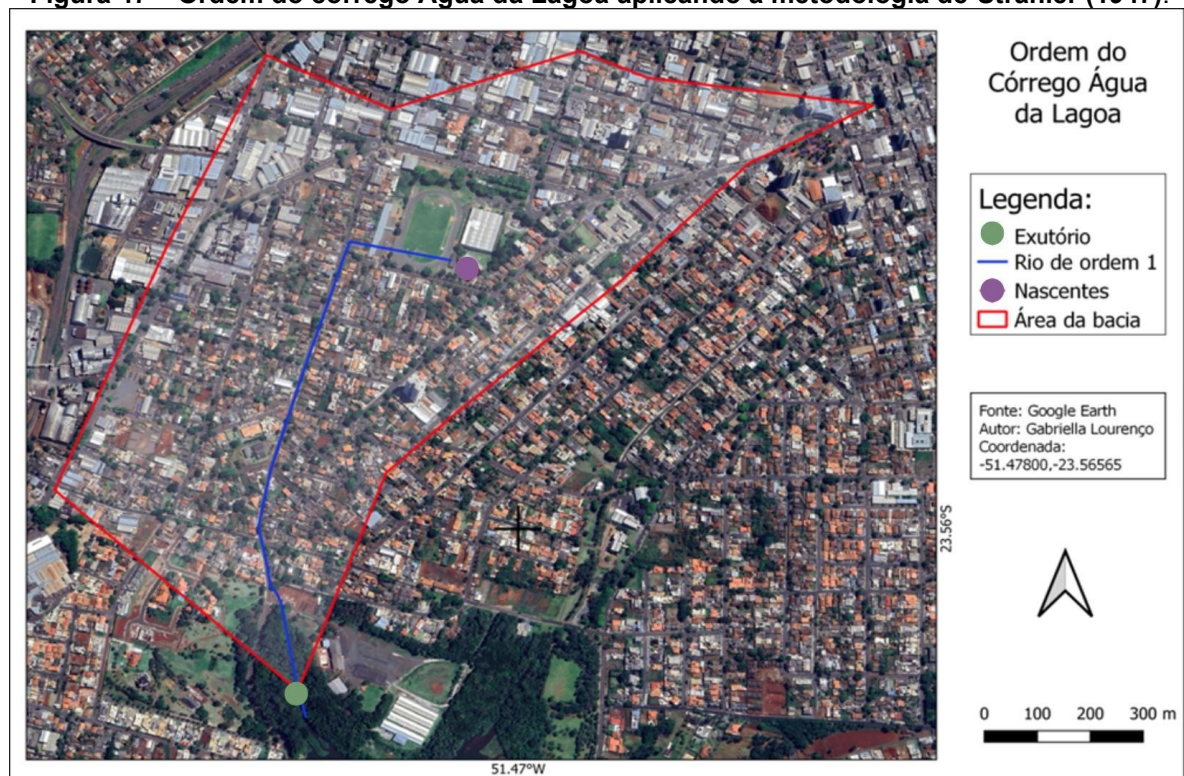
5.3 Caracterização morfométrica

5.3.1 Ordem do rio

O ordenamento do curso d'água pertencente à bacia hidrográfica apresentada nesse projeto foi realizado de acordo com o Método de Strahler (1947) apresentado na Tabela 2 do item 4.3.

Portanto, foi possível concluir a partir da Figura 47, que o córrego Água da Lagoa possui ordem 1, pois de acordo com o método de Strahler (1957 apud Tucci, 2009), esse método defende que todo e qualquer rio que não apresenta nenhum tributário deve ser considerado um rio de primeira ordem, ou seja, são cursos d'água que não se encontram com outros desde sua nascente.

Figura 47 – Ordem do córrego Água da Lagoa aplicando a metodologia de Strahler (1947).



Fonte: Adaptado do software QGIS (2023) e Google Earth Pro (2023)

5.3.2 Coeficiente de compacidade (K_c) e fator de forma (K_f)

Para efetuar os cálculos do coeficiente de compacidade (K_c) e fator de forma (K_f) foram utilizadas as equações 1 e 2 do item 3.1.1. Os dados necessários para esse cálculo estão representados na Tabela 1 e seus respectivos resultados estão representados na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores obtidos para o coeficiente de compacidade (Kc) e o fator de forma (Kf).

Parâmetro	Valor calculado	Classificação
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,35	Bacia relativamente alongada
Fator de forma (Kf)	0,70	Bacia não muito sujeita a enchentes naturais

Fonte: Autoria própria (2023)

Os valores dos coeficientes de compacidade (Kc) e fator de forma (Kf) calculados, sugerem que a bacia hidrográfica é relativamente alongada, o que pode ter implicações na resposta hidrológica, como a velocidade de escoamento e a suscetibilidade a inundações, causando impactos ambientais registrados no PAR, como a presença de erosão no exutório da bacia hidrográfica, assim como a transportação de sedimentos.

5.4 Caracterização hidrológica

5.4.1 Tempo de concentração

Para determinar o tempo de concentração (t_c) foi considerado a Equação 3 definida no item 3.1.2. Esta equação foi proposta por Carter (1961) é indicada para bacias urbanas pequenas de até 11 km², adequando-se assim a bacia hidrográfica abordada neste projeto que possui 0,890 km².

Os resultados são apresentados na Tabela 5 de acordo com as respectivas variáveis da Equação 3.

Tabela 5 – Valores obtidos para o cálculo do Tempo de Concentração (t_c).

Parâmetro	Valor calculado	Unidade
Comprimento do curso d'água principal (L)	1,13	(km)
Declividade do curso d'água principal (S)	0,07	(m/m)
Tempo de concentração (t_c)	14,24	(min)

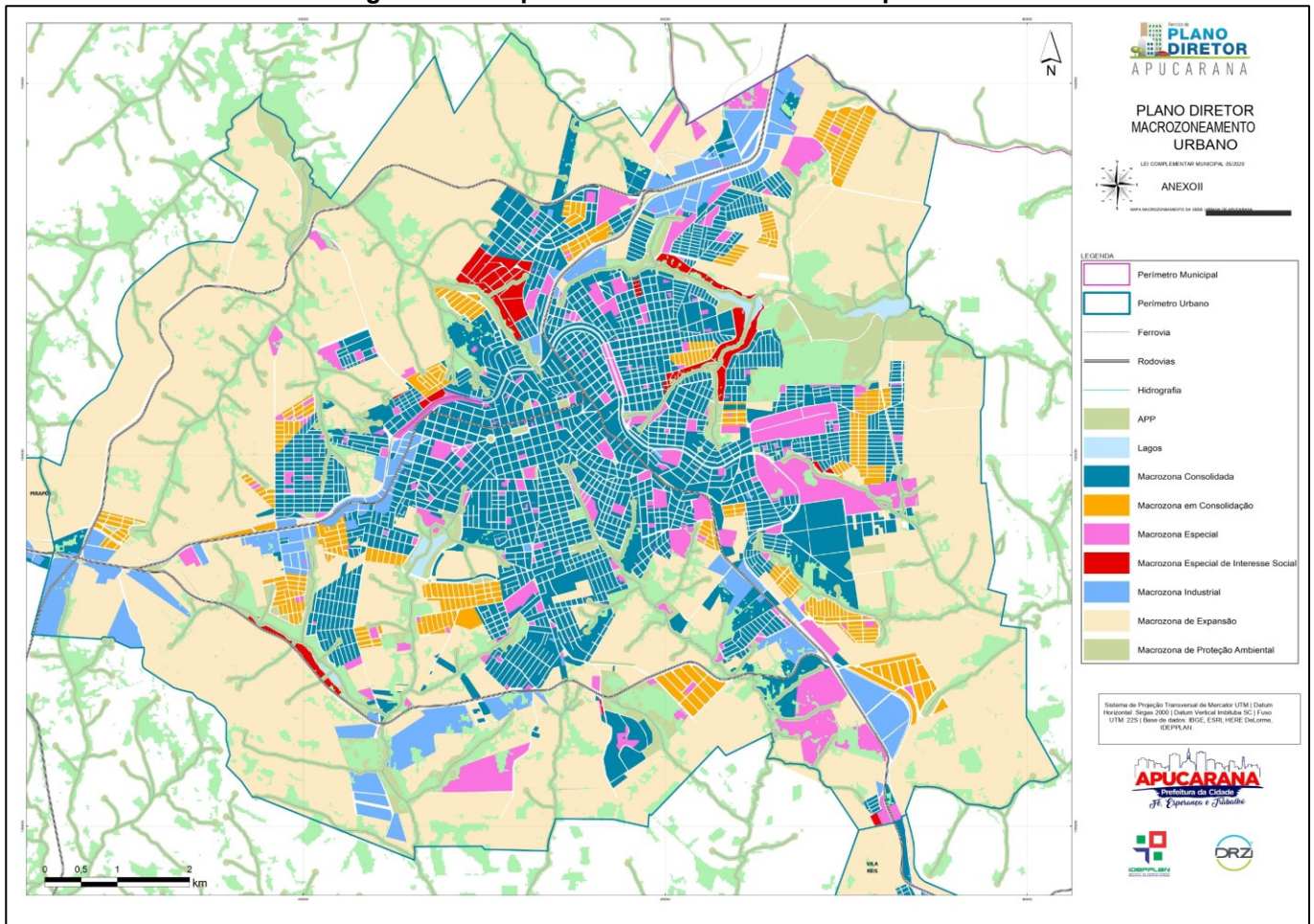
Fonte: Autoria própria (2023)

O resultado correspondente ao tempo de concentração (t_c) é de 14,24 minutos e está diretamente relacionado à impermeabilização do solo, gerando alguns impactos ambientais registrados no PAR, pois a substituição de áreas naturais por superfícies impermeáveis reduz a capacidade de absorção do solo, aumentando o escoamento superficial, isso devido a extensa área de ocupação residencial e comercial ao longo da bacia urbana.

5.4.2 Coeficiente de Escoamento Superficial

Para realizar a classificação do uso do solo na bacia hidrográfica em estudo, utilizou-se o Mapa de Zoneamento do município, disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Apucarana, representado pela Figura 48.

Figura 48 – Mapa de macrozoneamento de Apucarana.



Fonte: Prefeitura Municipal de Apucarana (2020)

Mediante a classificação abordada no mapa de macrozoneamento e a definição da área da bacia apresentada na Figura 16, foi possível delimitar as áreas de acordo com seus respectivos coeficientes de escoamento superficial, tanto para a década de 1980 quanto para a atual, baseando-se nas características descritas no Quadro 1.

De acordo com o arquivo histórico disponibilizado pelo jornal Tribuna do Norte, no ano de 1980 o município de Apucarana se encontrava em um estágio avançado de expansão urbana e quase toda extensão da área da bacia hidrográfica do córrego Água da Lagoa estava urbanizado, porém apresentava uma grande área

de residências com superfícies livres que auxiliava no processo infiltração da água sem sobrecarregar o exutório da bacia. A partir da análise da foto da área de estudos registrada no ano de 1980 obtida no site do IAT (IAT, 2022), foi feita uma sobreposição no software QGIS (Figura 49) sobre a área delimitada, para serem analisadas as características da bacia do córrego Água da Lagoa no início da expansão urbana na região.

Figura 49 – Ortofoto da área da bacia hidrográfica do córrego Água da Lagoa no ano de 1980.

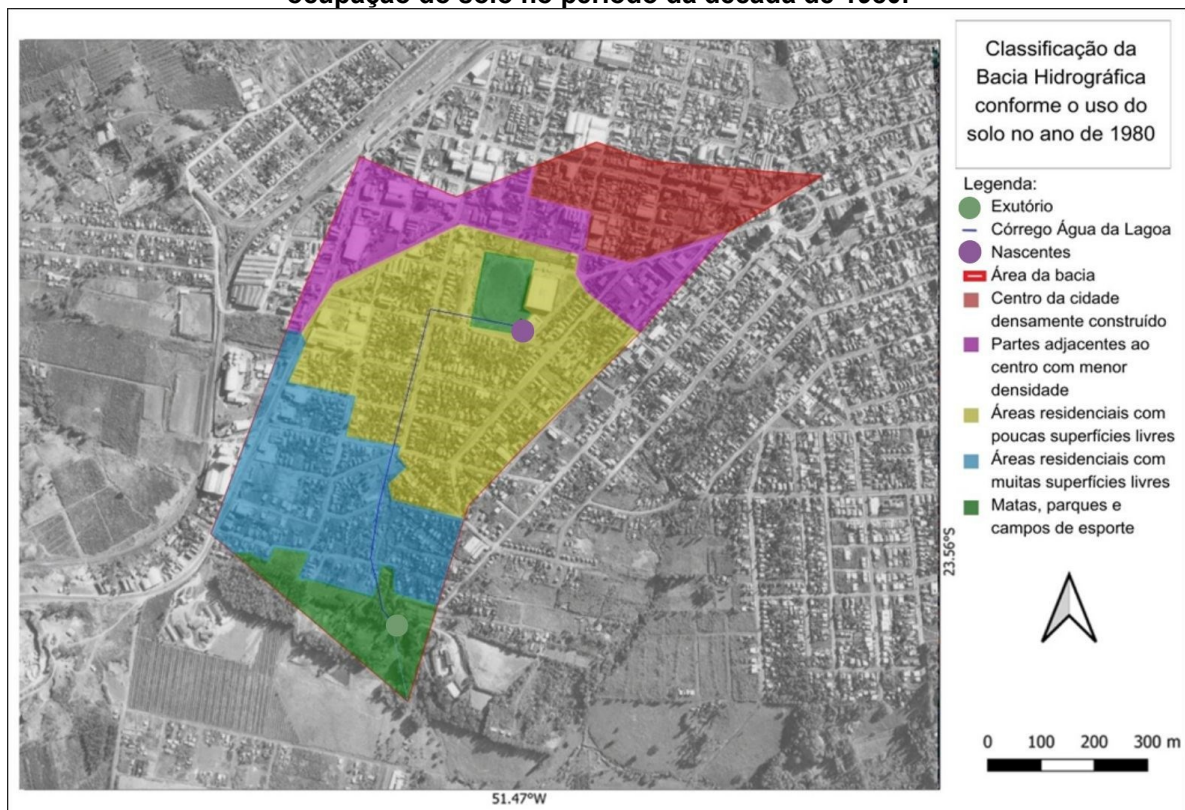


Fonte: Adaptado da Ortofoto do arquivo histórico do IAT (2022), Google Earth Pro (2023) e QGIS (2023)

A região central da cidade densamente construída representa as lojas e edifícios comerciais construídos na época; as partes adjacentes ao centro com menor densidade eram compostas por indústrias e a expansão do comércio nesse período; as áreas residenciais com pouca superfície livre eram maiores comparadas às outras regiões, pois a urbanização na região dessa bacia havia iniciado antes mesmo da canalização das nascentes, e simultâneo a construção do ginásio, a região se tornou valorizada por estar na proximidade da área central do município e a região de vegetação estava cada vez mais escassa e reduzida devido a essa expansão na região.

Logo após, utilizando o software Google Earth Pro, foi possível delimitar cada área em km² e classifica-las de acordo com seus respectivos coeficientes de escoamento superficial referente à bacia hidrográfica naquela época, como mostra a Figura 50. Onde é possível verificar uma extensa área verde ao redor do exutório e embora haja predominância das áreas residenciais com poucas superfícies livres, ainda havia uma parcela significativa da bacia hidrográfica de áreas residenciais com muitas superfícies livres, o que permitia maior infiltração da água no solo, reduzindo o escoamento superficial. Mas aos poucos a supressão vegetal por superfícies impermeáveis, como asfaltamento, edificações, estacionamentos e calçadas, foi se expandindo ao longo da bacia hidrográfica em estudo, o que ocasionou os impactos registrados no PAR.

Figura 50 – Classificação da bacia hidrográfica do córrego Água da Lagoa conforme o uso e ocupação do solo no período da década de 1980.



Fonte: Adaptado da Ortofoto do arquivo histórico do IAT (2022), Google Earth Pro (2023) e QGIS (2023)

As áreas foram classificadas de acordo com o Quadro 1 do item 3.1.2 e em seguida, representados pela Tabela 6.

Tabela 6 – Valores de Coeficiente de Escoamento Superficial para cada área delimitada na bacia hidrográfica na década de 1980.

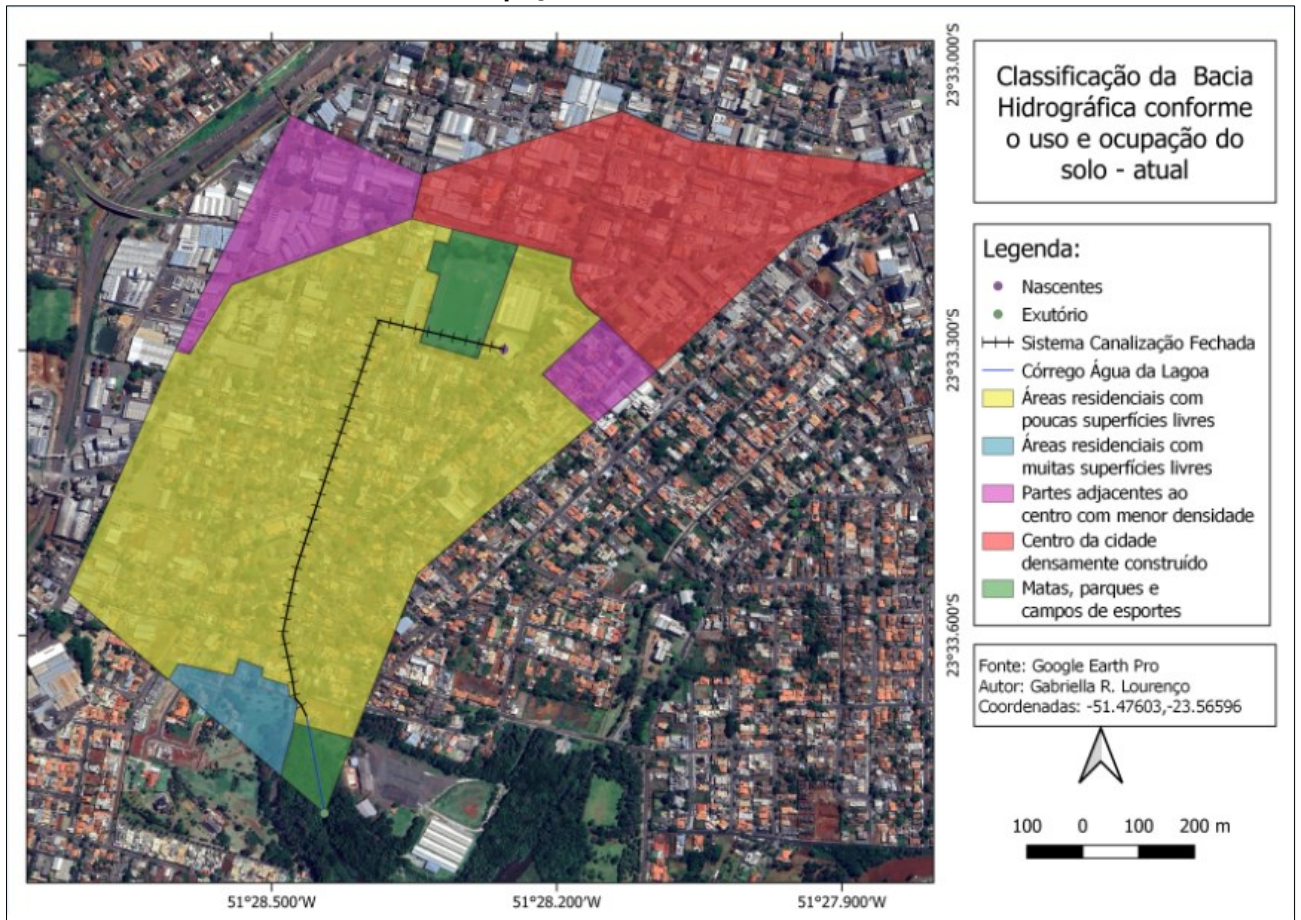
Zonas	Valor do coeficiente C	Área (km²)
Centro da cidade densamente construído	0,90	0,12
Partes adjacentes ao centro com menor densidade	0,65	0,14
Áreas residenciais com poucas superfícies livres	0,55	0,31
Áreas residenciais com muitas superfícies livres	0,25	0,20
Matas, parques e campos de esportes	0,05	0,11

Fonte: Autoria própria adaptado do software Google Earth Pro (2023)

Posterior a essa delimitação foi possível determinar o coeficiente de escoamento superficial médio da bacia hidrográfica em estudo para a década de 1980, a partir da Equação 5 abordada no item 3.1.2, onde obteve-se o valor médio de 0,48.

Para realizar a classificação do coeficiente de escoamento superficial da bacia hidrográfica atual, também foi utilizado o mapa de macrozoneamento municipal de Apucarana, a área da bacia hidrográfica definida no item 4.1 e foram realizadas visitas técnicas e registros fotográficos para averiguar as alterações que a bacia hidrográfica do córrego Água da Lagoa. As delimitações das áreas estão representadas de acordo com a Figura 51.

Figura 51 – Classificação da bacia hidrográfica do córrego Água da Lagoa conforme o uso e ocupação do solo atual.



Fonte: Adaptado do software QGIS (2023) e Google Earth Pro (2023)

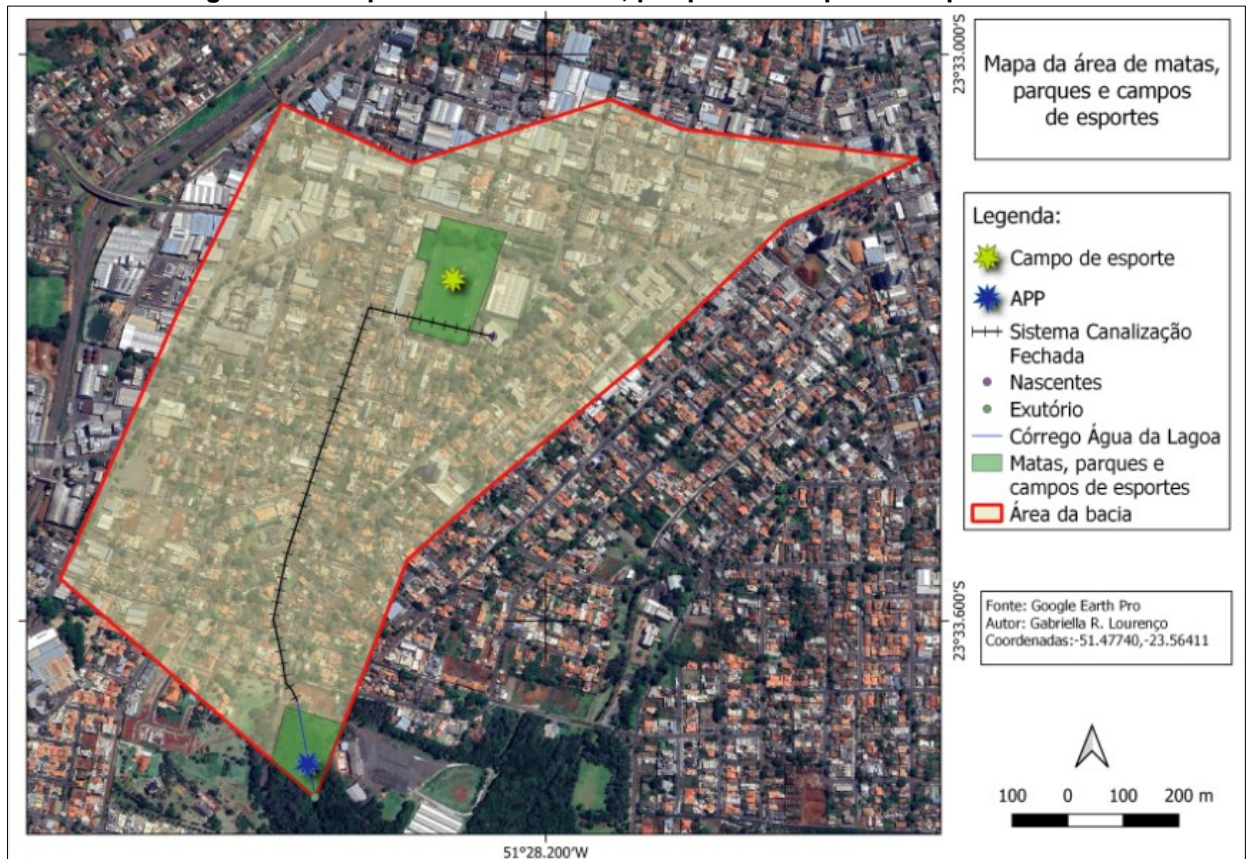
Após se obter a classificação atual da bacia hidrográfica foi possível comparar as alterações acarretadas desde 1980, onde se observou a redução de 18,18 % da área verde ao redor do exutório e o aumento de 61,30 % das áreas residenciais com poucas superfícies livres. O centro densamente construído da cidade também duplicou a área ao longo desses 43 anos e todas essas alterações ao longo da bacia urbana promoveu o aumento da impermeabilização do solo com a expansão urbana, acarretando diversos impactos ambientais identificados no PAR, como indícios de erosão no exutório, acúmulo de sedimentos no leito do rio e contaminação do corpo hídrico por agentes químicos provenientes dos produtos de limpeza carregados pelo escoamento superficial e pela galeria pluvial, com isso gerando espumas e oleosidade na água e também provocando um forte odor. Com o aumento desses impactos, além de alterar a qualidade do corpo hídrico, também provoca a extinção da fauna local.

Com o intuito de visualizar as classificações dos coeficientes de escoamento superficial na bacia atualmente, foram realizados registros fotográficos aéreo, utilizando o drone, sob cada uma das áreas delimitadas na Figura 51 e classificadas da seguinte forma:

- Região de matas, parques e campos de esportes

As delimitações dessas áreas foram realizadas de acordo com suas respectivas características como definido na Figura 52, sendo elas representadas por um campo de esporte (Figura 53), onde abrange somente a área sem pavimento na delimitação da área e a região de jardinagem ao redor e um pequeno trecho de Área de Preservação Permanente (Figura 54), representando a área verde com superfície arborizada que engloba o exultório da bacia do córrego Água da Lagoa, atribuindo-lhe assim o valor do coeficiente C de 0,05.

Figura 52 – Mapa da área de matas, parques e campos de esportes.



Fonte: Adaptado do software QGIS (2023) e Google Earth Pro (2023)

Figura 53 – Campo de esporte do complexo esportivo José Antônio Basso.



Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 54 – Área de Preservação Permanente do exutório do córrego Água da Lagoa.

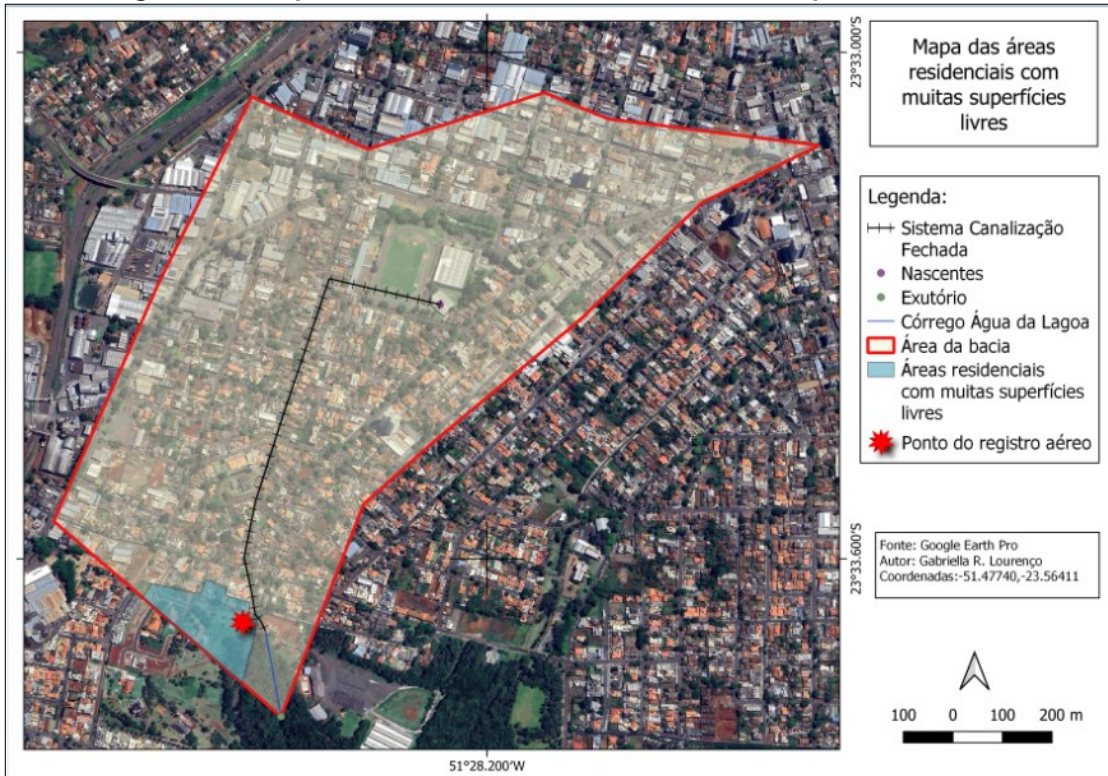


Fonte: Autoria própria (2023)

- Áreas residenciais com muitas superfícies livres

A delimitação dessa área foi realizada de acordo com suas respectivas características como definido na Figura 55, sendo ela representada por uma região de condomínio fechado com ampla área verde ao redor das edificações como mostra a Figura 56, atribuindo-lhe assim o valor do coeficiente C de 0,25.

Figura 55 – Mapa das áreas residenciais com muitas superfícies livres.



Fonte: Adaptado do software QGIS (2023) e Google Earth Pro (2023)

Figura 56 – Registro fotográfico aéreo das áreas residenciais com muitas superfícies livres.



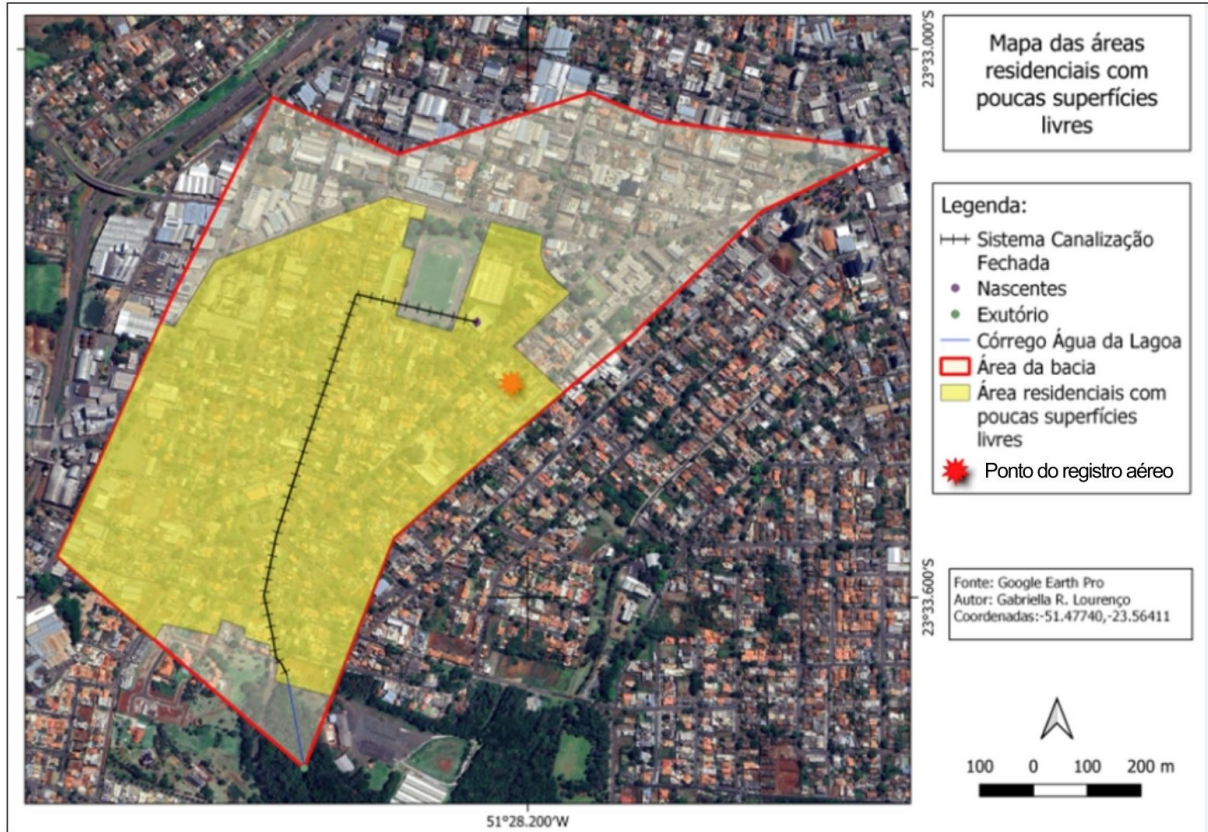
Fonte: Autoria própria (2023)

- Áreas residenciais com poucas superfícies livres

A delimitação dessa área foi feita de acordo com suas características observadas e representada pela Figura 57, onde é possível notar uma região com

intensa impermeabilização do solo por partes residenciais e ruas pavimentadas como é possível averiguar na Figura 58, atribuindo-lhe assim um coeficiente C de 0,55.

Figura 57 – Mapa das áreas residenciais com poucas superfícies livres.



Fonte: Adaptado do software QGIS (2023) e Google Earth Pro (2023)

Figura 58 – Registro fotográfico aéreo das áreas residenciais com poucas superfícies livres.

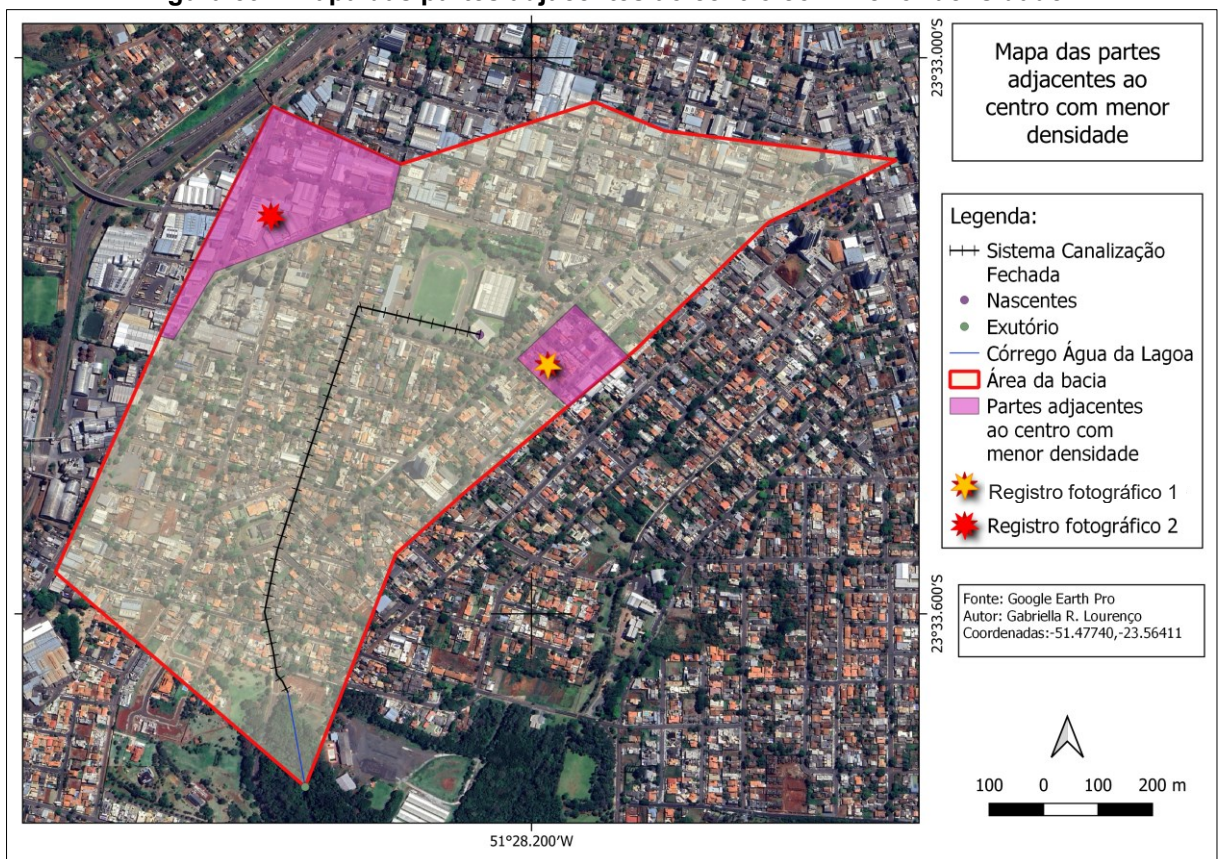


Fonte: Autoria própria (2023)

- Partes adjacentes ao centro com menor densidade

As delimitações dessa área foram realizadas de acordo com suas respectivas características abordadas na Figura 59, onde foi possível verificar regiões próximas ao centro do município, o qual registra um processo de expansão comercial (Figura 60) e possui a presença de zona industrial (Figura 61), porém apresenta menor densidade de habitantes e com ruas e calçadas totalmente pavimentadas. Sendo assim, o valor do coeficiente C determinado para essa região é de 0,65.

Figura 59 – Mapa das partes adjacentes ao centro com menor densidade.



Fonte: Adaptado do software QGIS (2023) e Google Earth Pro (2023)

Figura 60 – Registro fotográfico 1 apresentando edificações residenciais e salas comerciais.



Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 61 – Registro fotográfico 2 apresentando uma parte de zona industrial.



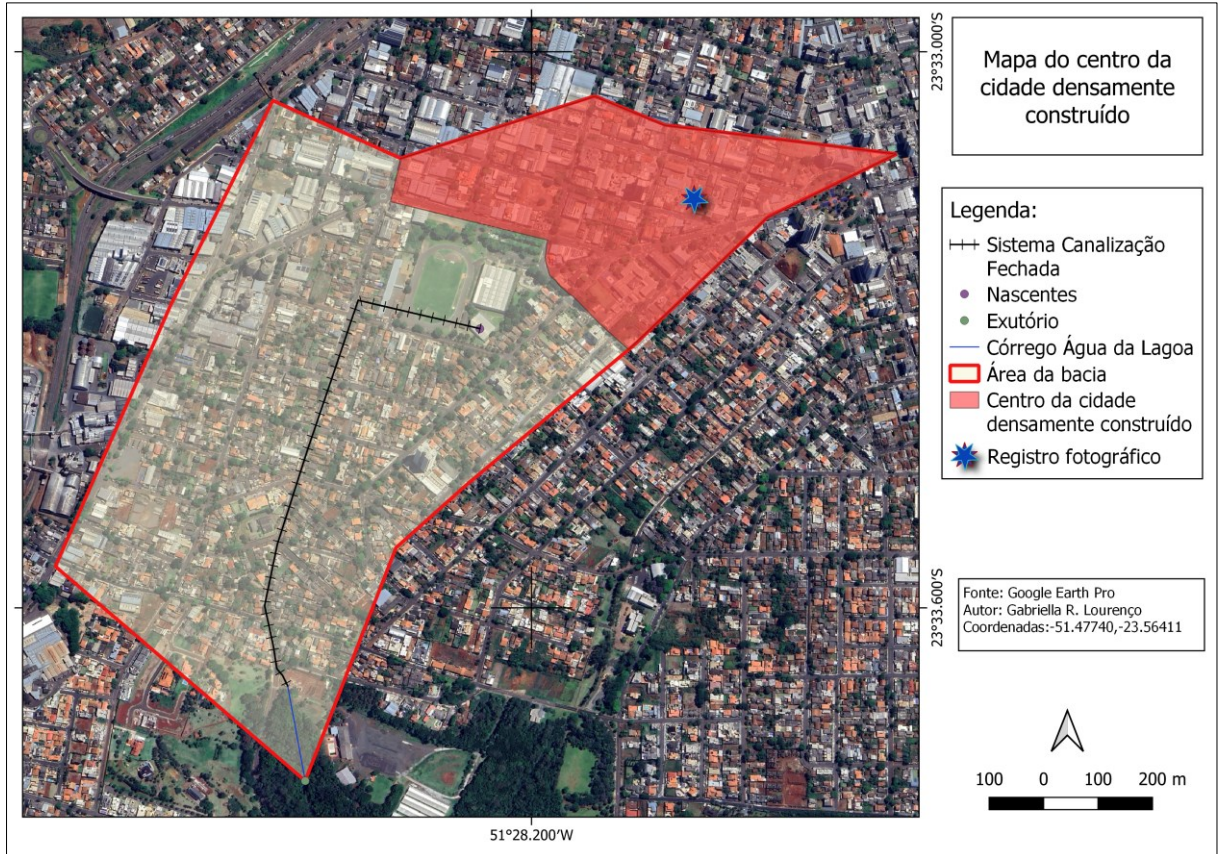
Fonte: Autoria própria (2023)

- Centro da cidade densamente construído

A delimitação dessa área foi realizada de acordo com suas respectivas características como definido na Figura 62, onde é possível observar por meio da Figura 63, uma área densamente construída com ruas e calçadas pavimentadas,

com pouquíssimas áreas de infiltração, sendo assim, o valor do coeficiente C atribuído a essa região foi de 0,90.

Figura 62 – Mapa da região central da cidade densamente construída.



Fonte: Adaptado do software QGIS (2023) e Google Earth Pro (2023)

Figura 63 – Registro fotográfico aéreo da área central densamente construída.



Fonte: Autoria própria (2023)

Os valores referentes ao coeficiente de escoamento superficial considerado, bem como a área e a classificação de cada delimitação foi representado na Tabela 7.

Tabela 7 – Valores de Coeficiente de Escoamento Superficial para cada área delimitada na bacia hidrográfica atual

Zonas	Valor do coeficiente C	Área medida (km ²)
Centro da cidade densamente construído	0,90	0,24
Partes adjacentes ao centro com menor densidade	0,65	0,11
Áreas residenciais com poucas superfícies livres	0,55	0,50
Áreas residenciais com muitas superfícies livres	0,25	0,01
Matas, parques e campos de esportes	0,05	0,02

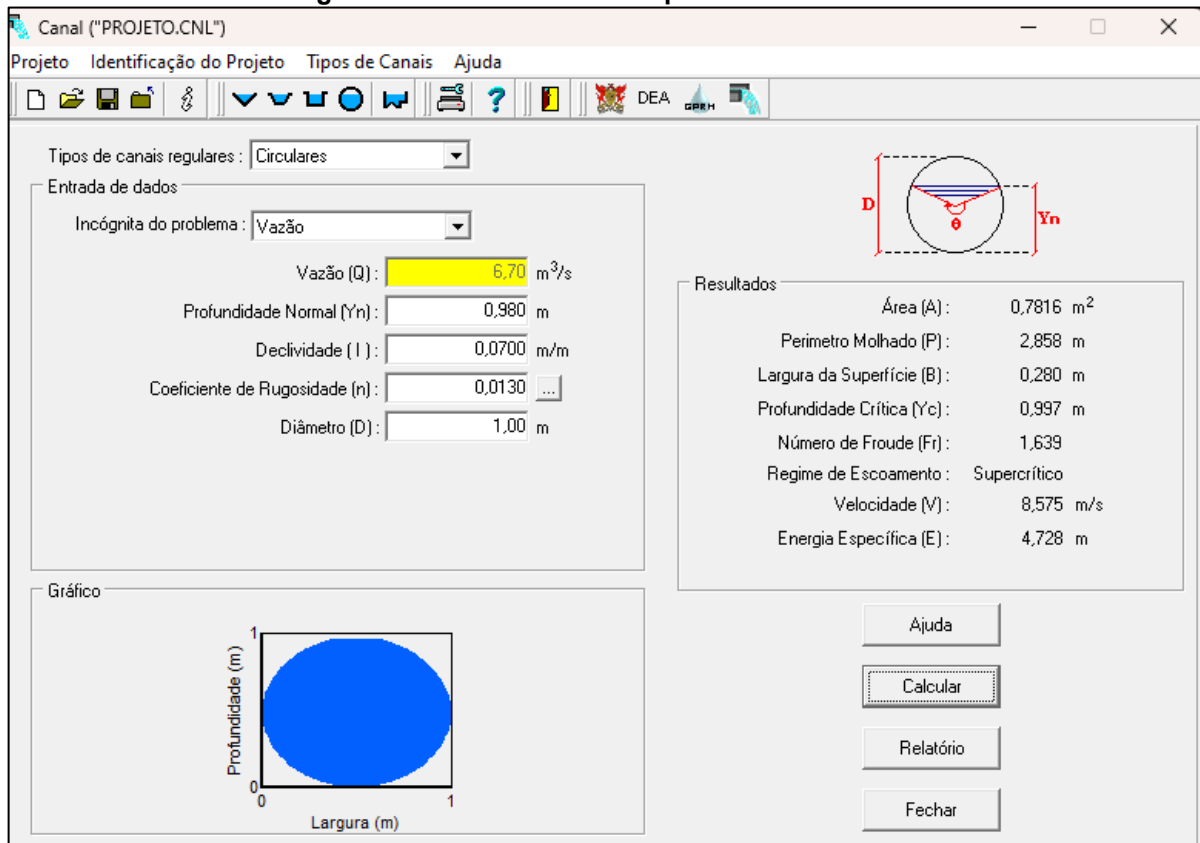
Fonte: Autoria própria adaptado do software Google Earth Pro (2023)

5.4.3 Intensidade pluviométrica (*i*) e vazão (*Q*) em 1980

Como a prefeitura municipal não possui os cálculos hidrológicos do projeto inicial, o município de Apucarana não possuía uma equação da chuva definida e não foi possível ter acesso aos dados meteorológicos do IAPAR, (atual Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná), correspondentes à década de 80 para elaborar os cálculos. Desta forma foi realizada uma simulação utilizando o software Canal para determinar primeiramente o valor da vazão máxima e em seguida encontrar a intensidade pluviométrica aproximada para a época da construção do ginásio.

Para determinar os valores utilizados no software Canal, foi considerada a pior situação, ou seja, um canal de seção plena e circular, pois é o tipo de canalização feito no córrego Água da Lagoa. A profundidade (Y_n) utilizada foi 0,98 m devido ao formato da circunferência apresentar menor vazão se fosse usado 1,00 m. A declividade (I) da bacia é de 7% já definida na Tabela 1, o coeficiente de rugosidade (n) utilizado foi de 0,013 para galerias retilíneas de concreto livres de escombros ou entulhos e foi usado o diâmetro (D) comercial de 1,00 m, em seguida foi calculado pelo software uma vazão de 6,70 m³/s como mostra na Figura 64, como são dois canais, um ao lado do outro, multiplicou-se esse valor por 2, obtendo 13,4 m³/s a vazão que esse canal suportaria.

Figura 64 – Cálculo da vazão pelo software canal.



Fonte: Software Canal (2023)

Em seguida, a partir da Equação 6 definida no item 3.1.2, foi possível determinar a intensidade pluviométrica (i) ao isolá-la na equação de vazão máxima como mostra a Equação 7.

$$i = \frac{Q}{0,278 \times C \times A} \quad (7)$$

Onde, o "Q" é a vazão máxima encontrada no software Canal, o "C" é o coeficiente de escoamento superficial e "A" corresponde a Área da bacia hidrográfica do córrego Água da Lagoa. Sendo assim, ao substituir os parâmetros, foi possível calcular a intensidade pluviométrica representada na Tabela 8.

Tabela 8 – Valores obtidos para a intensidade pluviométrica (i) na década de 1980.

Parâmetro	Valor calculado	Unidade
Vazão (Q)*	13,40	m ³ /s
Coefficiente de escoamento superficial (C)	0,48	-
Área da bacia hidrográfica (A)	0,89	m
Intensidade pluviométrica (i)	112,83	mm/h

Fonte: Autoria própria (2023)

5.4.4 Intensidade pluviométrica (i) e vazão máxima (Q) atual

Para determinar a vazão máxima atual foi necessário calcular primeiramente a intensidade pluviométrica a partir da Equação 4 descrita no item 3.1.2, onde o tempo de retorno estabelecido foi de 15 anos devido a canalização ter sido projetada para galeria pluvial e o tempo de concentração de 14,24 minutos como foi calculado no item 5.4.1. Obtendo assim, a intensidade pluviométrica representada na Tabela 9.

Tabela 9 – Valores obtidos para a intensidade pluviométrica (i) atual.

Parâmetro	Valor calculado	Unidade
Tempo de retorno (T_r)	15	anos
Tempo de concentração (t_c)	14,24	minutos
Intensidade pluviométrica (i)	154,71	mm/h

Fonte: Autoria própria (2023)

Em seguida, foi calculado a vazão máxima a partir da Equação 6 representada no item 3.1.2, como mostra a Tabela 10.

Tabela 10 – Valores obtidos para a vazão máxima (Q).

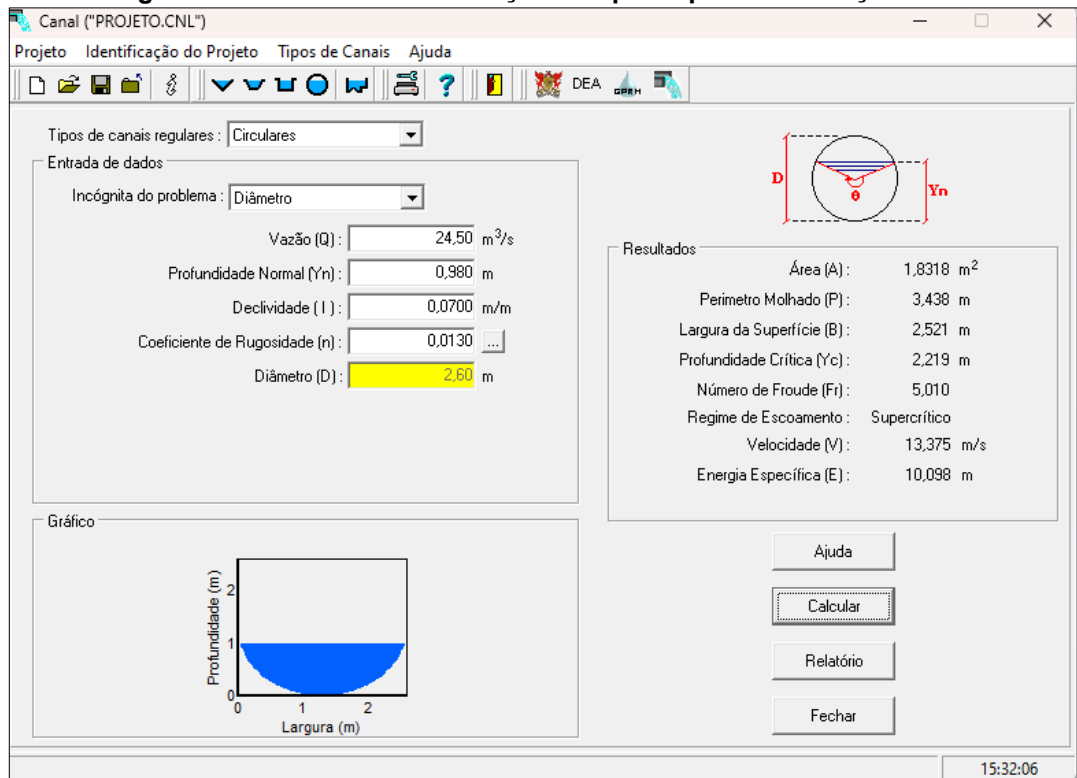
Parâmetro	Valor calculado	Unidade
Coefficiente de escoamento superficial (C)	0,64	-
Área da bacia hidrográfica (A)	0,89	km ²
Intensidade pluviométrica (i)	154,71	mm/h
Vazão máxima total (Q)	24,50	m ³ /s
Vazão máxima individual (Q)	12,25	m ³ /s

Fonte: Autoria própria (2023)

Através do software Canal, representado pela Figura 65, foi possível averiguar que o exutório não suporta mais a atual vazão recebida pela canalização

com 1 metro de diâmetro. Nesse caso, seriam necessárias duas tubulações de 1,5 metros de diâmetro (padrão comercial) para suprir a vazão de 24,50 m³/s.

Figura 65 – Diâmetro da tubulação adequada para a tubulação atual.



Fonte: Software Canal (2023)

6 CONCLUSÃO

A construção do complexo esportivo em 1976, sobre as nascentes, as quais foram drenadas e canalizadas juntamente com todo percurso do córrego desconsidera totalmente o Código Florestal Brasileiro de 1965, em vigor na época, o qual apresentava em seu Art. 2º da Lei nº 4.771/65 que todas as formas de vegetação situada ao redor de nascentes, independente de sua situação topográfica deveriam ser preservadas em um raio mínimo de 50 metros.

Com base na metodologia aplicada e os registros feitos na bacia hidrográfica urbana do córrego Água da Lagoa, foi possível afirmar que a expansão urbana ao longo dessa bacia promoveu uma grande impermeabilização do solo e conseqüentemente, desencadeou o aumento do escoamento superficial, fazendo com que a canalização atual, implantada na década de 1980, com diâmetro de 1 metro, não suporte mais a vazão recebida atualmente. Pois esta obra hidráulica foi planejada como sendo galeria pluvial e não somente a canalização das nascentes, utilizando um tempo de retorno de apenas 15 anos (indicado para galerias pluviais) e não de 50 – 100 anos como foi planejado.

O modelo de PAR utilizado demonstrou ser satisfatório para uma avaliação preliminar do sistema fluvial abordado neste projeto, além de ser uma ferramenta acessível e com baixo custo, pode ser aplicada por diversos setores para aferir a qualidade ambiental de corpos hídricos.

Com isso, foi possível identificar por meio da aplicação do PAR que a urbanização ao longo dessa bacia hidrográfica gerou inúmeros impactos ambientais, como a erosão no exutório, devido ao aumento do escoamento superficial; a supressão da vegetação nativa nas margens do córrego; resíduos sólidos descartados nas encostas ou por meio da poluição difusa.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. F. B.; OLIVEIRA, K. B. M.; SILVA, A. B. S.; CAETANO, K. C. F.; REIS, K. G. R. S. Utilização de protocolos de avaliação rápida como instrumento de diagnóstico ambiental de corpos d'água: o caso do córrego pernada. *In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO. Anais*. Tocantins: Instituto Federal do Tocantins - IFTO, 2009. p. 4-5.

ANA (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA). **A bacia hidrográfica – planejamento, manejo e gestão de bacias**. Unidade 1. 2013. Disponível em: <https://capacitacao2.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/2560>. Acesso em: 18 de outubro de 2022.

ANDRADE, R.; SANTOS, M. **Análise dos Problemas de Drenagem Urbana nos Bairros Vila Operária e Aeroporto, Teresina –PI**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI, 2010.

ASSUMPÇÃO, A. P.; MARÇAL, M. S. Retificação dos canais fluviais e mudanças geomorfológicas na planície do rio Macaé (RJ). **Revista de Geografia (UFPE)**, Recife, v. 29, n. 3, p. 19-36, 2012.

ARQUIVO DE PROJETOS DA PREFEITURA MUNICIPAL DE APUCARANA. **Prefeitura Municipal de Apucarana**. Departamento de arquivos históricos, 2022.

ARQUIVO DE PROJETOS DA SECRETARIA DE ESPORTES. **Prefeitura Municipal de Apucarana**. Secretaria de esportes - Apucarana, 2023.

ARQUIVO HISTÓRICO DO JORNAL TRIBUNA DO NORTE. **Jornal Tribuna do Norte**. Apucarana, Paraná. 2023.

BELLINI, A. J.; FERREIRA, Y. N. Expansão físico-territorial de Apucarana e algumas referências ambientais para o processo de planejamento. *In: I SEMINÁRIO TEMÁTICO DE GEOGRAFIA DO NORTE DO PARANÁ; XXI SEMANA DE GEOGRAFIA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA. Anais*. Londrina: ISBN 85-980-54-06-2, UEL, 2005.

BRASIL. **Lei n. 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei n. 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n. 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%209.433%2C%20DE%208%20DE%20JANEIRO%20DE%201997.&text=Institui%20a%20Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de,Federal%2C%20e%20altera%20o%20art. Acesso em: 12 de outubro de 2022.

BIER, F. B. **Aspectos hidrodinâmicos e sedimentológicos em um canal de maré: estudo de caso do Canal da Barra da Lagoa, Florianópolis – SC**.

Dissertação. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis, 2013.

BITTENCOURT, A.G.; ARAÚJO, R.G.; PEREIRA, C.A.A de O.; GRISOTTO, L.E.G. Contribuições para a construção da Agenda Ambiental Marrom no Brasil: o desafio do atendimento às populações urbanas pobres e do controle da poluição hídrica. *In: XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*, 2007, Belo Horizonte, MG. **Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Belo Horizonte, 2007. v.1, p.1-20.

BRAZ, A. M.; ÁGUAS, T. De A.; COSTA, K. C.; GARCIA, P. H. M. Geotecnologias aplicadas ao mapeamento de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Córrego Fundo – Três Lagoas/MS. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA. Anais do I Simpósio Brasileiro de Geografia*, 26 a 30 de maio, Minas Gerais, 2014.

CANAL. COPYRIGHT, 2000. Gprh. **Sistema para o dimensionamento de canais**. Grupo de pesquisa em Recursos Hídricos. DEA – UFV, 2023.

CARTER, R. W. **Magnitude and Frequency of Floods in Suburban Areas**. U. S. Geological Survey, Prof. Paper 424-B, B9-B11, 1961.

CARVALHO, D.F., SILVA, L.D. **Apostila Hidrologia**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

CARVALHO, J. W. L. T. de; MARANGON, F. H. S.; SANTOS, I. dos. **Recuperação de rios urbanos: da interdependência e sincronicidade dos processos de desnaturalização em rios e bacias hidrográficas urbanas**. Geography Department University Of Sao Paulo, [S.L.], Universidade de Sao Paulo, Agencia USP de Gestão da Informação Acadêmica (AGUIA). v. 40, p. 163-174, 24 dez. 2020

COELHO, A. L. N.; PONTINI, V. V. **Emprego de protocolo de avaliação rápida no diagnóstico ambiental de sistemas fluviais: estudo de caso em áreas urbanas de Iconha e Piúma (ES)**. Programa de pós-graduação em geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo – ES, v. 15, n. 2. P. 175-196, 2019.

COSTA, T. C. E C. DA; FIDALGO, E. C. C.; NAIME, U. J.; GUIMARÃES, S. P.; ZARONI, M. J.; UZEDA, M. C. Vulnerabilidade de sub-bacias hidrográficas por meio da equação universal de perda do solo e da integração de parâmetros morfométricos, topográficos, hidrológicos e de uso/cobertura da terra no estado do rio de janeiro, Brasil. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [S.L.], v. 4, n. 1, p.93-116, 2009.

CORGHI, F. N.; VITTE, A. C.; GIACHETI, H. L. Processos erosivos na área urbana de Bauru – SP. *In: VI SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA. Anais*. UNICAMP. Campinas, São Paulo, 2006.

CORNELLI, R.; SCHNEIDER, V. E.; BORTOLIN, T. A.; CEMIN, G.; SANTOS, G. M. Análise da influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água de duas sub-

bacias hidrográficas do município de Caxias do Sul. **Scientia cum Industria**, v.4. p. 1-14, 2016.

CORREIA, C. N.; PRATES, K. V. M. C.; UEDA, C. A.; JABUR, A. S. **Uso e ocupação do solo e urbanização em Apucarana**: influências causadas em bacias. 2022. Capítulo 2. Livro: Arquitetura e Urbanismo: Perspectivas, Tecnologia e Sustentabilidade - Volume 1 (Version 1). Zenodo.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.7110834>

CUNHA, S. B. Rios desnaturalizados. *In*: BARBOSA, J. L. (org.). **Ordenamento Territorial e Ambiental**. 1. ed. Niterói: EDUFF, cap. 8, 2012, p. 171-19.

DORNELLES, F.; COLLISCHONN, W. **Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), vol. 1. p. 350. 2015.

EEA (European Environment Agency). **Water resources in Europe in the context of vulnerability**. EEA Report, nº11/2012. Copenhagen, Dinmark, 2012.

ESCOBAR, N. A. **Análise da Tendência de crescimento urbano em Rolândia, Arapongas e Apucarana (PR) Utilizando Geoprocessamento**. 2013. 53f. TCC (Graduação) - Curso de Geografia, Geociências, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

FARIA, N. O. **Estudo da impermeabilização, monitoramento, modelagem e simulação de cenários para a bacia do barbado – Cuiabá/MT**. 2013. 148 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

FARIA, M. do C. C. Apucarana – processo de ocupação e colonização. *In*: VII CONGRESSO INTERNACIONAL DE HISTÓRIA. **Anais**. Faculdade de Apucarana. 2015.

FERRARI, J. L.; DA SILVA, S. F.; SANTOS, A. R.; GARCIA, R. F. Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre, ES **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, vol. 8, núm. 2, 2013, pp. 181-188 Universidade Federal Rural de Pernambuco Pernambuco, Brasil.

FISRWG (FEDERAL INTERAGENCY STREAM RESTORATION WORKING GROUP). **Stream corridor restoration: principles, processes, and practices**. FISRWG: Natural Resources Conservations Service (USDA), 637 p. 1998.

FRANÇA, F. H. V. **Indicadores de desempenho e recursos hídricos**: proposta de um índice multidimensional para avaliação da implementação de planos de recursos hídricos. 2019. 205 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2019.

FBDS (FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL). Projeto de apoio à implantação do CAR. **Hidrografia, Apucarana/PR**. 2014. Disponível em: <http://geo.fbds.org.br/PR/APUCARANA/MAPAS/>. Acesso em: 02 de

novembro de 2022.

GAROTTI, L. M.; BARBASSA, A. P. Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial. **Engenharia Sanitaria Ambiental**, São Carlos, v. 15, n. 1, p. 19-28, jan. 2010.

GOOGLE LLC. Google Earth PRO. ver. 7.3.4.8842. Brasil. 2022.

GONÇALVES, L. S. **Relações Intensidade-Duração-Frequência com Base em Estimativas de Precipitação por Satélite**. 2011. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

GUZHA, A. C.; RUFINO, M. C.; OKOTH, S.; JACOBS, S.; NÓBREGA, R. L. B. Impacts of land use and land cover change on surface runoff, discharge and low flows: Evidence from East Africa. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 15, p. 49 – 67. 2018.

HELLER, L.; PÁDUA, W. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 2. ed. p.859, 2006.

HENDGES, L. T.; REINHER, R. C.; LEICHTWEIS, J.; FERNANDES, E. J.; TONES, A. R. M. Planejamento do uso do solo em bacias hidrográficas: áreas agrícolas; áreas urbanas e áreas de preservação permanente. *In*: XXV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA/ XXII JORNADA DE PESQUISA/ XVIII JORNADA DE EXTENSÃO/ VI MOSTRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA JUNIOR/ VII SEMINÁRIO DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA. **Anais**. Ijuí, 2017.

HORTON, Robert. **Erosional development of streams their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology**. New York: Geological Society of American Bulletin 1, 1945. pp. 807-813.

IAT (INSTITUTO ÁGUA E TERRA). **Dados geoespaciais de referência de 1980**. Paraná, 2022.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Revista brasileira de estatísticas**. Rio de Janeiro: IBGE, 147 p. 1986.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Apucarana, Paraná**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/apucarana.html>. Acesso em: 01 de novembro de 2022.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Anuário estatístico do Brasil – 1997**. Rio de Janeiro: IBGE, 1998.

KISKA, R. M. **Análise dos impactos ambientais do Projeto Oásis na captação de água do município de Apucarana/PR**. Trabalho de conclusão de curso. UFPR. Curitiba, Paraná. 2014.

MACHADO, P. J. de O. **Diagnostico Físico-Ambiental da bacia hidrográfica do**

Córrego São Pedro: Um exercício acadêmico de gestão dos recursos hídrico. Juiz de Fora: Geographica, 2010. 111 p.

MANOSSO, F. C. **O estudo da paisagem no município de Apucarana – PR:** as relações entre a estrutura geocológica e a organização do espaço. Dissertação de mestrado em Geografia. Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual de Maringá, 2005.

MENEQUINI, R. S., PELISSARI, V. B. Aplicação de técnicas de geoprocessamento no estudo do uso e ocupação temporal do solo no município de Vila Velha/ES. **Revista Científica Faesa**, V.12. n.1, p. 7-11, 2016.

MOREIRA, M. E. S.; BULHÕES, I. A. P.; CECCATTO, A.; OLIVEIRA, P. T. S. de.; SILVA, J. B. da.. Avaliação do efeito da discretização de bacias hidrográficas em simulação hidrológicas. ABES. *In*: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais**. Várzea Grande, Mato Grosso, 2019.

PNAD (PESQUISA NACIONAL POR AMOSTRA DE DOMICÍLIOS). **População rural e urbana**. 2015. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18313-populacao-rural-e-urbana.html>. Acesso em: 17 de novembro de 2022.

PMSB (PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO). **Apucarana, Paraná**. 2017. Disponível em: http://www.apucarana.pr.gov.br/site/wp-content/uploads/2021/07/PMSB_Apucarana_DIAGNOSTICO-2017.pdf. Acesso em: 02 de novembro de 2022.

POLETO, C. **Bacias hidrográficas e recursos hídricos**. Interciência. Rio de Janeiro, 2014.

QGIS. QGIZ DESKTOP. Versão 3.16.7 – Hannover. 2023

ROCHA, A.S.; TIZ, G. J.; CUNHA, J. E. Reflexos do uso e ocupação do solo urbano no desenvolvimento de processos erosivos em áreas rurais. **Synergismus scyentifica**. UTFPR, Pato Branco, 04 (1), 2009.

SANTOS, K. A., FORMIGA, K. T. M., BRAGA, V. S.; FARIA, K. M. S. Mudanças morfológicas na Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro ao longo do processo de urbanização, Goiânia -GO. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 13. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, 2021.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M. C.; PEREIRA, I. C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2ª edição. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Supertintendência de Estudos e Informações Hidrológicas. p.207, 2001.

SPETH, G., PERES, L. E. da S., WOLLMANN, L., DOMINGUES, Q. R., RIBEIRO, B. M. G.. **Land use conflicts in permanent preservation areas in Candelária (RS, Brazil)**. *Ciência E Natura*, 42, e13, 2020.

STRAHLER, Arthur Newell. **Quantitative analysis of watershed geomorphology**. New Haven: Transactions: American Geophysical Union 38, 1957. pp. 913-920.

SUDERHSA (SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HIDRÍCOS E SANEAMENTO AMBIENTAL. **Medidas não-estruturais. Plano Diretor de Drenagem Urbana da Região Metropolitana de Curitiba**. Vol. 1. CH2MHILL Engenharia do Brasil Lt.da. 2002.

TAVEIRA, B. D. A. **Hidro geografia e gestão de bacias**. Curitiba: Intersaberes, 2018.

TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, p. 806. 2009.

TUCCI, Carlos E. M. **Águas urbanas**. Estudos avançados. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 2008.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Ministério das cidades – Global Water Partnership. Unesco, 2005.

USDA (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE). Natural Resources Conservation Service, Conservation Engineering Division. **Urban Hydrology for Small Watersheds**. Technical Release 55. Washington: NRCS, 1986.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975.

WWC (WORLD WATER COUNCIL). **Start With Water: Putting water on local action agendas to support global change**. Marseille: 2018