



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - Unioeste
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS - PPGCA

**ANÁLISE INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS DE
CASCAVEL - PR (2013 - 2023): UM MODELO REPLICÁVEL DE
DIAGNÓSTICO**

Jucimara Cavichioni

Toledo – Paraná – Brasil

2025



Estado do Paraná

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - Unioeste
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS - PPGCA

ANÁLISE INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS DE CASCAVEL - PR (2013 - 2023): UM MODELO REPLICÁVEL DE DIAGNÓSTICO

Jucimara Cavichioni

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Unioeste/*Campus* Toledo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Cleber Antônio Lindino.
Co-orientador: Prof. Dr^a. Natássia Jersak Cosmann

Toledo – PR ____/2025

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Cavichioni, Jucimara
ANÁLISE INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS DE CASCAVEL - PR
(2013 - 2023): UM MODELO REPLICÁVEL DE DIAGNÓSTICO /
Jucimara Cavichioni; orientador Cleber Antônio Lindino;
coorientador Natássia Jersak Cosmann. -- Toledo, 2025.
78 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Toledo) --
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de
Engenharias e Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em
Ciências Ambientais, 2025.

1. Mudanças Climáticas . 2. Qualidade da água. 3.
Crescimento populacional. 4. Planejamento estratégico . I.
Lindino, Cleber Antônio , orient. II. Jersak Cosmann,
Natássia, coorient. III. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Jucimara Cavichioni

“ANÁLISE INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS DE CASCAVEL/PR (2013-2023): UM MODELO REPLICÁVEL DE DIAGNÓSTICO”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, pela Comissão Examinadora composta pelos membros:

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Cleber Antônio Lindino (Presidente)

Prof^a. Dra. Fabíola Tomassoni

Prof^a. Dr^a. Hioná Valéria Dal Magro Follmann

Jucimara Cavichioni

Aprovada em: 02 de junho de 2025.

Local de defesa: Via remota

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação à minha família pelo amor incondicional e apoio constante em todos os momentos desta jornada, em especial a minha filha Eloiza minha maior fonte de amor, inspiração e força. Aos amigos pelas palavras de incentivo, aos professores por compartilhar conhecimento com paixão e me guiarem neste percurso com sabedoria e generosidade. Aos meus orientadores por sua dedicação em cada etapa deste trabalho. Enfim, a todos, que de alguma forma estiveram ao meu lado durante este percurso, deixo aqui minha mais profunda gratidão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, por me dar força, saúde e perseverança ao longo desta caminhada. A minha filha Eloiza, que este trabalho seja um símbolo de que, com esforço e fé, é possível transformar sonhos em realidade, que a minha jornada inspire, de alguma forma a sua para conquistar seus sonhos, e a minha família por todo apoio incondicional. Aos meus colegas do curso Danielle, Jocimara, Leticia, In Memoria de Elisandra, pelas trocas de experiências e colaboração foi fundamental para a concretização deste sonho. Por fim, deixo minha gratidão a todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte dessa caminhada.

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

BP3 - Bacia do Paraná 3

DBO₅ - Demanda Bioquímica de Oxigênio em cinco dias

ETA - Estação de tratamento de água

ETE - Estação de tratamento de esgoto

IAT - Instituto Água e Terra

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPCC – Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas

IQA - Índice de Qualidade da Água

SASG - Sistema Aquífero Serra Geral

SANEPAR - Companhia de Saneamento do Paraná

SIMEPAR - Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SWOT - Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats

ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONU - Organização das Nações Unidas

PCA - Análise de Componentes Principais

PIB - Produto Interno bruto

PPI - Plano Plurianual de Investimentos

LISTA DE FIGURAS, TABELAS E QUADROS

Figura 1 - Representação do ciclo hidrológico e sua circulação.....	22
Figura 2 - Mapa com distribuição do Aquífero Serra Geral no Paraná.....	25
Figura 4 - Bacias Hidrográficas presentes no município de Cascavel – PR.....	29
Figura 5 - Mapa da temperatura média dos municípios do estado do Paraná.....	30
Figura 6 - Mapa da precipitação média anual dos municípios do estado do Paraná.....	31
Figura 7 - Mapa apresentando a área de abrangência do rio Paraná 3.....	33
Figura 8 - Mapa da área de abrangência da bacia do baixo Iguaçu.....	36
Figura 9 - Crescimento populacional do Município de Cascavel/PR entre os anos de 2013 e 2022.....	41
Figura 10 - Evolução populacional estimada que se encontra no Plano Municipal de Saneamento básico de Cascavel elaborado no ano de 2016.....	43
Figura 11 - Porcentagem da quantidade de outorgas liberadas entre os anos de 2013 a 2022 no Município de Cascavel.....	44
Figura 12 - Quantidade das atividades econômicas no município de Cascavel entre os anos de 2013 a 2022.....	45
Figura 13 - Diferença da quantidade de água outorgável (m ³) com a quantidade de água tratada e consumida (m ³) nos anos de 2013 e 2014.....	46
Figura 14 - Histórico temporal da contribuição da atividade econômica da Agropecuária no total de outorgas, no município de Cascavel, no período de 2013 a 2022.....	47
Figura 15 - Quantidade de água tratada e consumida (1000 m ³ /ano) no município de Cascavel entre os anos de 2013 a 2022.....	48
Figura 16 - Correlação entre volume de água potável consumido (1000 m ³) pela população de Cascavel/PR no período estudado (2013-2022).....	51
Figura 17 - Gráfico exponencial para a correlação população e volume de água potável consumida (1000 m ³).....	52
Figura 18 - Gráfico de pontuação (score plots) da Análise de Componentes Principais (PCA), com autoescalamento e correlação. Em azul, são os vetores de cada variável inserida no software.....	53
Figura 19 - Correlação entre os anos 2013 a 2022 e o volume de esgoto coletado (1000 m ³) e tratado no município de Cascavel/PR.....	54
Figura 20 - Relação do uso das bacias hidrográficas no município de Cascavel no período de 2013 a 2022.....	55
Figura 21 - Registro da precipitação pluviométrica no município de Cascavel no período de 2013 a 2022.....	57
Figura 22 - Vazão outorgável vigente em m ³ no período de 2013 a 2022.....	57
Figura 23 - Relação da captação outorgável com a precipitação entre os anos de 2013 a 2022 no município de Cascavel.....	59
Figura 24 - Relação do volume de água tratada (m ³) pela companhia de saneamento com a precipitação (mm) no período de 2013 a 2022.....	60

Figura 25 - Anomalias médias anuais de períodos quentes (positivas) e períodos frios (negativas) nas temperaturas médias globais ao longo dos anos de 2013 a 2023.....	61
Figura 26 - Quantidade total de Agrotóxicos comercializados legalmente no Município de Cascavel no período de 2013 a 2023, em toneladas.....	62
Figura 27 - Os cinco Municípios que mais produzem soja no estado do Paraná no ano de 2020.....	63
Tabela 1 - As principais culturas do estado do Paraná (%).....	63
Figura 28 - Análise da Matriz SWOT/FOFA para a questão de recursos hídricos no município de Cascavel/PR	67
Quadro 1 - Planos de ação para os recursos hídricos a partir da análise da matriz SWOT.....	72

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.2 OBJETIVO GERAL	14
1.1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 A Água no Desenvolvimento Sustentável	16
2.2 Águas Subterrâneas	18
2.3 Interferências Climáticas no Ciclo Hidrológico	20
2.4 Fenômenos El Niño e La Niña	22
2.5 O Sistema Aquífero Serra Geral (SASG)	23
3. MATERIAIS E MÉTODOS	27
3.1 Tipo de Pesquisa e Justificativa do Método	27
3.2 Delimitação Espacial e Temporal	27
3.2.1 Clima	30
3.2.2 Monitoramento de Secas	31
3.2.3 Bacia do Rio Piquiri	32
3.2.4 Bacia do Rio Paraná 3	32
3.2.5 Bacia do Rio Iguaçu	34
3.3 Fontes de Dados e Instituições Consultadas	37
3.3.1 Análise das outorgas do IAT (Instituto Água e Terra)	37
3.3.2 Análise da Sanepar	38
3.3.3 Análise da Simepar	39
3.4 Matriz SWOT/FOFA	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
4.1 Crescimento Populacional de Cascavel no período estudado	40
4.2 Atividades econômicas que demandaram de outorga de recursos hídricos	43
4.3 Dados da Sanepar	48
4.3.1 Relação da água potável consumida com a população	50
4.3.2 Esgoto	53
4.4 Demanda das águas subterrâneas das Bacias Hidrográficas	55
4.5 Agrotóxicos liberados no município	61
4.6 Índice de Qualidade das Águas (IQA)	64
4.7 A Matriz SWOT/FOFA como ferramenta no planejamento do uso de recursos hídricos	66
5. CONCLUSÃO	74
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

RESUMO

A água é um recurso essencial para a manutenção da vida e o desenvolvimento econômico. No entanto, o uso inadequado dos recursos hídricos, agravado pelas ações humanas, o crescimento populacional e a redução das chuvas, tem comprometido o abastecimento das águas superficiais. Esse cenário tem aumentado a pressão sobre o uso das águas subterrâneas, especialmente por meio de poços artesianos. Diante disso, este trabalho teve como objetivo principal realizar um levantamento documental sobre a disponibilidade hídrica do município de Cascavel, no estado do Paraná, analisando a influência das ações antrópicas e das condições climáticas sobre os recursos hídricos locais. Cascavel é o quinto município mais populoso do estado e, entre 2013 e 2023, registrou um aumento populacional de aproximadamente 111 mil habitantes. No ano de 2019, o município teve a maior quantidade de outorgas de uso de água subterrânea liberadas no período analisado, totalizando uma vazão anual de 235.875,19 m³. As principais atividades econômicas responsáveis por essas outorgas foram: residências (27,9%), comércio (26,9%) e agropecuária (26,1%). Além disso, observou-se um período de três anos consecutivos com índices de precipitação abaixo da média histórica (1800–2000 mm): em 2019 (1444,4 mm), 2020 (1149,2 mm) e 2021 (1260,8 mm). Nos anos de 2016 e 2017, praticamente 100% da água tratada disponível foi consumida pela população. Para atender à crescente demanda por abastecimento, a Sanepar está realizando investimentos em estudos e projetos para a construção de novas estações de tratamento de água futuras. Como parte da análise, foi utilizada a Matriz SWOT/FOFA para identificar as forças, oportunidades, fraquezas e ameaças relacionadas aos recursos hídricos de Cascavel. O objetivo é subsidiar o planejamento público e propor estratégias de gestão mais eficientes para o uso sustentável dos recursos hídricos. Além disso, o método adotado neste trabalho poderá ser replicável para outras cidades para verificar a disponibilidade hídrica.

PALAVRAS-CHAVE: Mudanças climáticas; qualidade da água; crescimento populacional; planejamento estratégico.

ABSTRACT

Water is an essential resource for sustaining life and economic development. However, the inadequate use of water resources, exacerbated by human activities, population growth, and reduced rainfall, has compromised surface water supplies. This scenario has increased pressure on groundwater use, especially through artesian wells. Therefore, this study's main objective was to conduct a documentary survey on water availability in the municipality of Cascavel, in the state of Paraná, analyzing the influence of human activities and climate conditions on local water resources. Cascavel is the fifth most populous municipality in the state and, between 2013 and 2023, registered a population increase of approximately 111,000 inhabitants. In 2019, the municipality had the highest number of groundwater use permits issued in the analyzed period, totaling an annual flow of

235,875.19 m³. The main economic activities responsible for these concessions were: residential (27.9%), commercial (26.9%), and agricultural (26.1%). Furthermore, there was a period of three consecutive years with precipitation levels below the historical average (1800–2000 mm): in 2019 (1444.4 mm), 2020 (1149.2 mm), and 2021 (1260.8 mm). In 2016 and 2017, practically 100% of the available treated water was consumed by the population. To meet the growing demand for water supply, Sanepar is investing in studies and projects for the construction of new water treatment plants in the future. As part of the analysis, a SWOT/FOFA matrix was used to identify the strengths, opportunities, weaknesses, and threats related to Cascavel's water resources. The objective is to support public planning and propose more efficient management strategies for the sustainable use of water resources. Furthermore, the method adopted in this work may be replicable in other cities to verify water availability.

KEYWORDS: Climate change; water quality; population growth; strategic planning.

1. INTRODUÇÃO

A quantidade de água doce no mundo equivale a 2,5% do total, sendo que está disponível para o uso como recurso apenas 0,007%, que se encontra em rios, lagos e na atmosfera. Utilizada por todos os seres vivos dentro dos ecossistemas, é um recurso natural essencial que regula o clima do planeta e promove a conservação da biodiversidade (Carnevalle, 2018).

Fundamental para a sobrevivência e o desenvolvimento econômico de um país, este recurso natural vem se degradando ano após ano devido ao uso inadequado e pela intensificação do efeito estufa, gerando preocupação mundial diante da disponibilidade hídrica superficial em decorrência das mudanças climáticas causadas pelas ações antrópicas. Sabe-se que as ações antrópicas afetam o equilíbrio do ciclo da água, levando a sua escassez em determinadas áreas, ocasionando a crise hídrica como também o excesso com enchentes e a contaminação dos cursos d'água (Giampá; Gonçalves, 2005).

Projeções futuras são alarmantes sobre esse recurso natural que é finito. Segundo Welzer (2010), o aquecimento global é o principal fator que afeta o ciclo da água na redução da oferta tornando o cenário de “guerra da água” cada vez mais plausível. Além disso, o crescimento acelerado da população sem planejamento ambiental coloca em risco as fontes de água doce disponíveis, com a retirada para abastecimento urbano, e com a contaminação dos mananciais, que acaba se tornando o destino de resíduos químicos, e com isso, a qualidade da água gera preocupação pela gradual poluição hídrica (Brasil, 2006).

O Brasil apresenta 12% de água doce dos 0,007% de água disponível no planeta, sendo utilizada por vários setores para a sobrevivência humana tais como agricultura, atividades industriais, geração de energia, abastecimento, recreação entre outras. Na bacia Amazônica, na qual vivem 7% da população brasileira, concentra-se 70% da disponibilidade de água doce brasileira, restando para 93% da população brasileira os 30% restantes dos recursos hídricos para a sobrevivência (Machado, 2003). Diante desta realidade, a gestão hídrica requer políticas públicas que visam à sustentabilidade da

segurança hídrica para o desenvolvimento econômico das regiões mais afetadas com a crise hídrica.

As mudanças climáticas interferem nas águas superficiais de abastecimento urbano e no uso para a produção de alimentos, tencionando como alternativa a captação de águas subterrâneas para o abastecimento. Entretanto, algumas fontes, em meio às ações climáticas, reduzem o seu potencial hídrico, trazendo novamente a falta de água para o ser humano (Grassi, 2001).

O presente trabalho busca identificar a fragilidade da disponibilidade hídrica empregando a Matriz SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) ou FOFA (Fragilidades, Oportunidades, Forças, Ameaças), como referência, por meio de dados obtidos em uma década como crescimento populacional, o consumo de água e as variações climáticas adotando como modelo a cidade de Cascavel, na região Oeste do Paraná, no qual é o quinto município mais populoso, com 348.051 habitantes, conforme estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE (2022). O principal setor econômico da cidade de Cascavel é o agronegócio, com produção intensiva de grandes culturas como soja, milho e trigo. Os levantamentos foram realizados com o recorte temporal entre 2013 e 2023 por meio da pesquisa documental e, com comparações entre os dados obtidos e o uso da ferramenta SWOT/FOFA as informações poderá ser replicável para órgãos municipais para monitorar e garantir a segurança hídrica do município, permitindo o planejamento e o desenvolvimento sustentável.

1.1 OBJETIVOS

1.1.2 OBJETIVO GERAL

Avaliar, com base em dados documentais e técnicos, a disponibilidade hídrica do município de Cascavel – PR no período de 2013 a 2023, considerando os impactos do crescimento populacional, das alterações climáticas e da demanda por uso múltiplo da água, visando subsidiar o planejamento estratégico e sustentável dos recursos hídricos.

1.1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar levantamento bibliográfico sobre: crescimento demográfico, disponibilidade hídrica (uso dos mananciais superficiais e subterrâneos), temperatura média do ar e precipitação média no período (2013 a 2023);
- Coletar documentos com instituições públicas e privadas de informação relevantes para o projeto;
- Elaborar gráficos a partir dos dados obtidos das instituições nos Software Microsoft Excel e Software Origin 2024b®.
- Aplicar a Matriz SWOT/FOFA nos dados analisados referentes aos recursos hídricos.
- Propor um modelo analítico replicável para auxiliar outros municípios na avaliação da disponibilidade hídrica e no desenvolvimento de estratégias de gestão sustentáveis.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O assunto mais discutido nas conferências ambientais do século XXI é a gestão dos recursos hídricos, que busca planejar os cenários e garantir a segurança hídrica no futuro (Araujo, 2019). Primordial para existência humana em seus múltiplos usos e, de igual modo, para a atividade de todos os sistemas ambientais, a água estabelece as particularidades de regiões e tipologias dos ecossistemas em seus diversos estados. O gerenciamento do potencial humano e econômico pode ser realizado sobre diferentes condições ambientais da oferta da água, considerando suas particularidades. Essa situação provoca tensões e conflitos de interesses diversos em todo o Planeta.

A ausência da gestão hídrica planejada acarreta a escassez de água de qualidade, sendo realidade em diversas regiões do mundo, sendo que o esgotamento hídrico aflige cerca de um terço da população do planeta.

2.1 A Água no Desenvolvimento Sustentável

A disponibilidade hídrica da água potável no mundo está em níveis alarmantes quando comparada com o crescimento populacional, sendo um dos objetivos da Agenda 2030. A agenda 2030 discorre de metas a serem cumpridas, e é um acordo firmado por 193 países harmonizados pelas Nações Unidas (ONU), sancionado durante a Cúpula das Nações Unidas a respeito do Desenvolvimento Sustentável, em setembro de 2015. A agenda é integrada por dezessete Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas a serem alcançadas até 2030 por meio de ações específicas (Camkin, 2020).

A sustentabilidade está como destaque no mundo inteiro, em ponderação de problemas ambientais que o planeta se encontra. As alterações climáticas provocadas por ações antropogênicas devido à emissão de poluentes, ou pela exploração sem controle de recursos naturais causam variações na temperatura média global. As alterações na temperatura interferem no ciclo da água provocando eventos hidrológicos extremos com períodos chuvosos e secos. Os eventos extremos interferem no fornecimento de recursos hídricos, custando 5% do Produto Interno Bruto (PIB) em algumas regiões, em razão da migração forçada dos habitantes destes locais. Para garantir o fornecimento hídrico durante estes acontecimentos decorrentes das alterações climáticas, é essencial adotar uma gestão eficiente e sustentável, buscando conciliar a oferta com o consumo dos recursos hídricos assegurando a sua sustentabilidade ao longo prazo (Souza, 2022).

Segundo a ONU, a água potável é indispensável, que garante saúde e qualidade de vida sendo um direito humano essencial, elaborado em 1922, com a Declaração Universal dos Direitos da Água, e mobiliza todos sobre os direitos e obrigações do recurso hídrico, como a sua importância redigida no Artigo 2º:

Art. 2º - A água é a seiva do nosso planeta. Ela é a condição essencial de vida de todo ser vegetal, animal ou humano. Sem ela não poderíamos conceber como são a atmosfera, o clima, a vegetação, a cultura ou a agricultura.

No Brasil, a Constituição Federal de 1988 apresenta destaque ao meio ambiente, quanto à finalidade e proteção dos recursos ambientais, estabelecendo direitos e deveres da União, Estados, Municípios e cidadãos, concretizado no Artigo 255:

Art. 225 - Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder

Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Juridicamente, a água no Brasil é um bem de domínio público, o que dispõe na Constituição Federal de 1988 no Artigo 20, inciso III:

Art. 20. São bens da União: III – os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais.

A Lei 9.433/97 instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, distribuindo o gerenciamento dos recursos hídricos como conselhos e comitês de bacias com instrumentos de gestão com os planos de bacia para garantir o direito à água para todos, e reforça no Art. 1º e incisos que toda a água que se encontra no território brasileiro é de caráter público e não privado, não tendo qualquer tipo de distinção, definindo normativas para o Estado seguir para proteção das águas atendendo os parâmetros legais.

Outra norma importante da Lei 9.433/97 é a referência das Outorgas no uso deste recurso hídrico, em situações de escassez, referindo como prioridade o consumo humano e animal, conforme Art. 12. inciso II:

Art. 12 - Estão sujeitos a outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos: II - extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;

O Estado do Paraná elaborou a política de gestão hídrica com a Lei 12.726/99, iniciando a implantação dos Comitês de bacias no ano de 2002. O Comitê das bacias tem como objetivo promover conferências sobre os recursos hídricos e validar a atualização dos planos das bacias hidrográficas como também normas no uso das outorgas. No Art. 39 da Lei estabelece-se que compete ao Instituto das Águas do Paraná (IAP), hoje reformulado como Instituto Água e Terra (IAT), manter atualizados os comitês das bacias, e monitorar os recursos hídricos descritos nos incisos V e XVII:

Art. 39- Compete ao Instituto das Águas do Paraná, na condição de órgão executivo gestor do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SEGRH/PR: V – submeter à aprovação dos Comitês de Bacia Hidrográfica propostas de Planos de Bacia Hidrográfica e de suas respectivas atualizações; XVII – executar o monitoramento quantitativo e qualitativo dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos;

A disponibilidade da água pode ser afetada por diversos problemas - desde as alterações climáticas, o consumo desenfreado, a má gestão, até os conflitos entre países, regiões e populações. O ODS 6 e suas metas visam abranger a aquisição universal e equitativa da água potável e segura para a humanidade. A água está correlacionada à sobrevivência de todas as formas de vida, e da mesma forma, está intimamente ligada ao processo de desenvolvimento econômico. O crescimento populacional e as mudanças climáticas geram intensa pressão sobre os recursos hídricos por meio da agricultura, da geração de energia, do uso industrial e do consumo direto (Silva, 2019).

A interligação da água com o setor econômico propõe políticas públicas na questão de segurança hídrica, como também a conscientização do desperdício. Dados levantados por Signor e Soares (2021) indicam que a sustentabilidade tem um desafio a ser alcançado no aspecto hídrico na garantia do recurso para o futuro, mesmo tendo ao seu lado as políticas Públicas que incluem leis e orientações sobre a utilização e preservação do recurso hídrico.

A instabilidade da falta de água não está relacionada apenas com as mudanças climáticas, mas é um conjunto de fatores que provoca a crise hídrica, sendo o uso irracional da água um dos fatores mais preocupantes. A irresponsabilidade da sociedade no uso da água é uma possível razão que pode frear o desenvolvimento sustentável, utilizando o recurso hídrico de forma finita sem se preocupar com suas contaminações, mas, na atualidade, o planeta não suporta esse perfil da população humana.

2.2 Águas Subterrâneas

O Brasil detém em sua extensão a maior retenção de água doce subterrânea, o Aquífero Guarani. Abrangendo a área de 1,2 milhões de km² o aquífero está distribuído em quatro países sendo que o Brasil contém a maior área, com 840.000 km² contemplando oito Estados. Países como a Argentina (225.500 km²), Uruguai (71.700 km²) e Paraguai (58.500 km²), completam o reservatório hídrico do aquífero, junto com o Brasil. Dessa forma, o Aquífero Guarani é um sistema transfronteiriças, ou seja, não pertence exclusivamente a um único país. O Brasil possuindo a maior parte desse recurso hídrico, é essencial que assuma um papel de destaque na sua preservação (API, 2024).

Com o avanço populacional, a contaminação dos aquíferos por resíduos está cada vez mais propícia, se tornando desafio para governantes na elaboração de políticas públicas que consigam atender a demanda hídrica sem causar prejuízos aos aquíferos, pois a contaminação traria impactos irreversíveis para os ecossistemas e uma remediação impraticável com altos custos econômicos (Kalhor *et al.*, 2019). Estes resíduos podem ser de origens industriais, devido ao descarte de componentes químicos no ambiente; as domésticas, devido aos aterros sanitários e fossas sépticas e as agrícolas, devido ao uso de pesticidas, fertilizantes entre outros produtos químicos que são dissolvidos por chuvas ou irrigação, atividades estas que acompanham o crescimento populacional (Hidrata; Fernandes, 2008).

Assim, a extração hídrica deste recurso requer planejamento eficaz na gestão e nas políticas públicas governamentais para garantir a oferta e vida longa ao sistema aquífero que apresenta a recarga em longo prazo, podendo tornar-se um recurso finito. No Brasil, o abastecimento da população já ocorre com a utilização das águas subterrâneas, devido às alterações negativas das águas superficiais (Ana, 2011).

Os aquíferos são formados por fendas rochosas irregulares profundas ou superficiais que armazenam águas. O Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) que se encontra no município de Cascavel-PR, é do tipo fraturado, heterogêneo, anisotrópico e descontínuo, apresentando porosidade e permeabilidade baixa com seu embasamento rochoso, dificultando a exploração que resulta em propriedades hidráulicas altamente variáveis e de baixa produtividade (Rosa Filho *et al.*, 2006). A infiltração da precipitação no solo chega às fendas rochosas preenchendo-as, contribuindo com a formação do aquífero, as consideradas águas subterrâneas. O lençol freático forma-se da superfície do aquífero e, acima do lençol freático, forma a aeração, zona que está parcialmente preenchida por água (Ana, 2011). Os minerais que estão presentes no solo, em contato com as infiltrações da água são depositados no aquífero, tornando-o com quantidades de minerais maiores que a água da superfície, tornando a água do aquífero com um sabor agradável e de qualidade, dependendo dos minerais dissolvidos. No entanto, níveis altos de minerais são considerados inseguros para a saúde humana (Mattos, 2015).

Diante dessas características, Ramos (2005) ressalta a importância de incentivar estudos quanto à exploração e capacidade dos aquíferos para a elaboração de planos de gestão de recursos hídricos conforme as leis vigentes.

Para utilizar as águas do aquífero é necessária a obtenção da outorga fornecida pelo órgão administrativo deste recurso. No estado do Paraná os atos de autorização de recursos hídricos assegurando o monitoramento da vazão da água retirada e da sua qualidade são de competência do Instituto Água e Terra (IAT). No dia 18 de dezembro de 2019 foi promulgada a Lei nº 20.070/19 que autorizou a incorporação do IAT, tendo como função de preservar, conservar e proteger o patrimônio ambiental, com o objetivo de alcançar o desenvolvimento sustentável e com isso garantindo uma qualidade de vida para sua população.

Segundo a Lei estadual nº 20.070/19, Art. 3º o IAT tem por finalidades básicas:

Art. 3 – II - fazer cumprir a legislação ambiental, exercendo, para tanto, o poder de polícia administrativa, controle, monitoramento, licenciamento, outorga e fiscalização ambiental dos recursos naturais:

III - conceder o Licenciamento Ambiental, Autorização Ambiental e Outorga de Recursos Hídricos de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental;

A outorga de recursos hídricos é um instrumento legal que autoriza o uso da água em diferentes atividades, como abastecimento público, irrigação, uso industrial, geração de energia, entre outros. No Brasil, a outorga é regulamentada pela Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997) e é concedida pelos órgãos gestores estaduais ou pela Agência Nacional de Águas (ANA), no caso de corpos d'água de domínio federal. Para minimizar o desperdício das águas subterrâneas é necessária a redução do consumo mediante a conscientização populacional e políticas públicas eficazes na sua captação como na sua reutilização proporcionando um alívio hídrico. As águas subterrâneas abastecem as águas superficiais como rios, pântanos e baías e tornando a sua preservação essencial para garantir a qualidade e quantidade deste recurso hídrico (Miller, 2011).

2.3 Interferências Climáticas no Ciclo Hidrológico

A evaporação das águas e a precipitação recompõem a água no ambiente por meio do ciclo hidrológico para todos os seres vivos. A quantidade de água distribuída no planeta é muito oscilante em determinadas regiões, pois algumas sofrem com a falta de água superficial com secas prolongadas, enquanto que outras, com o excesso, causam

enxurradas e alagamentos (Grassi, 2001). Essas oscilações ficam ainda mais agravantes com a perturbação que o ambiente sofre devido às alterações provocadas na exploração dos recursos naturais.

As mudanças climáticas ocorrem em consequência principalmente da liberação do gás carbônico (CO₂) provocado pela combustão de hidrocarbonetos. A ONU coloca como principal meta para os países na Agenda 2030 a diminuição deste gás para o ambiente, por meio da ODS 13, com o principal objetivo de adotar ação urgente para combater a mudança do clima e seus impactos. As alterações no ciclo não se encontram apenas na oferta superficial das águas, mas também na qualidade das águas subterrâneas, que é vista como um alívio para regiões mais afetadas com a interferência climática (Ferri, 2021).

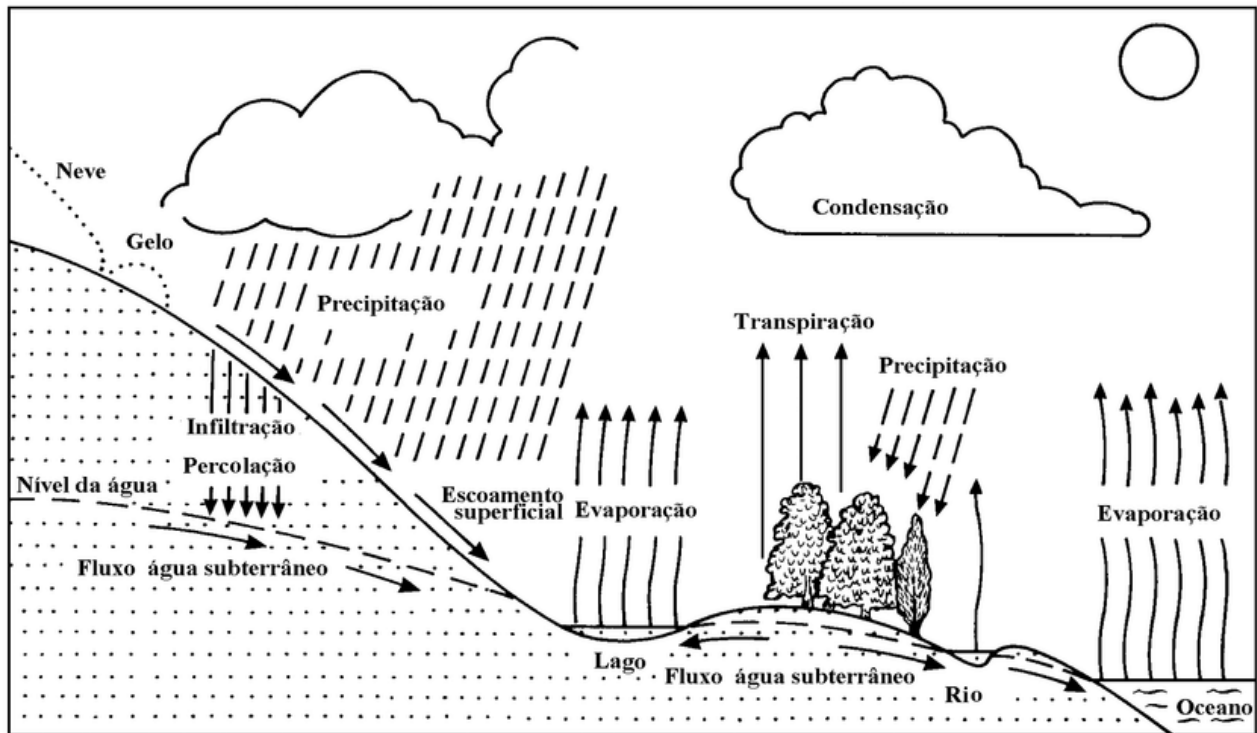
Segundo Carvalho (2017), as mudanças climáticas podem gerar efeitos catastróficos, como a:

elevação da temperatura média global; mudanças abruptas do clima; derretimento das calotas polares; eventos climáticos bruscos como inundações e secas; redução dos recursos hídricos e da produtividade de alimentos; intensificação dos incêndios; aumento da vulnerabilidade social dos mais pobres; elevação do número de refugiados ambientais; extinção de espécies; restrição do acesso e uso de recursos naturais pela indústria; pragas e doenças; declínio da biodiversidade; elevação do nível dos oceanos e destruição de propriedades costeiras (Carvalho, 2017).

Esse conjunto de impactos devido às alterações climáticas, requer mudanças e estratégias de planejamento nas tecnologias renováveis, modificação de matriz energética, substituição dos combustíveis fósseis e desmatamentos (Ferri, 2021).

Responsável pela circulação incessante da água no planeta Terra, o ciclo hidrológico (Figura 1), origina e restitui as águas subterrâneas, de maneira contínua envolvendo-se nos componentes bióticos e abióticos, interligando atmosfera, continentes e oceanos, impulsionado diretamente pela luz solar (Silva, 2009).

Figura 1 - Representação do ciclo hidrológico e sua circulação



Fonte: Tucci, 2001.

Segundo Goiás (2006), o ciclo hidrológico sofre influência mediante o uso do solo e cobertura vegetal com as ações humanas, tornando-o vulnerável, com possibilidades de aumentar ou até mesmo acabar com os processos de recarga. Além da cobertura vegetal e do solo fatores climáticos como temperatura do ar, umidade relativa, ventos e intensidade solar, afetam a velocidade contínua do ciclo limitando a recarga e disponibilidade das águas subterrâneas.

2.4 Fenômenos El Niño e La Niña

O Brasil não é uma exceção em relação aos impactos globais das mudanças climáticas que acontecem no mundo. As alterações climáticas são significativas, com a intensidade do fenômeno El Niño (Oscilação Sul - ENOS), que tem afetado diversas regiões incluindo o Sul do Brasil. O El Niño é caracterizado por aumentar a temperatura da superfície da água do Oceano Pacífico, o que causa grandes variações no clima global. Esse fenômeno altera o sistema de temperaturas do oceano, conhecido como

Oscilação Sul, ocasionando no sul intensos períodos chuvosos e na região Norte e Nordeste secas prolongadas (Oliveira, 2021).

Com características opostas, no fenômeno La Niña os ventos alísios sopram de leste a oeste na Linha do Equador, causando o resfriamento das águas oceânicas na região equatorial. Esse acontecimento faz com que as águas quentes se concentrem a oeste do Oceano Pacífico, enquanto as águas frias do fundo oceânico sobem à superfície. Esse fenômeno altera diversos fatores climáticos a níveis regionais e globais, no Brasil desregula as precipitações, com as temperaturas elevadas e secas prolongadas na região Sul, e na região Norte e Nordeste grande volume de chuvas (Monteiro, 2022).

Ambos os fenômenos, El Niño e La Niña, apresentam a duração de 9 a 12 meses com um intervalo de 2 a 7 anos. A última ocorrência do fenômeno La Niña foi em 2020-2023 com ápice de intensidade em 2021. Entre os intervalos do El Niño e La Niña utiliza-se o termo de ano Neutro, nestes intervalos as condições atmosféricas e oceânicas se mantêm relativamente estáveis, com temperaturas da superfície do Oceano Pacífico em torno das médias anuais.

Os fenômenos impactam de forma negativa a produção agrícola com perdas durante a colheita com o aumento do volume de chuvas e a baixa produtividade como a falta de água durante a floração (Levien *et al.*, 2021).

Com as alterações climáticas promovidas com estes fenômenos, as políticas públicas devem ser reformuladas periodicamente em cada região para assegurar a disponibilidade hídrica para sua população (Sanches *et al.*, 2021).

2.5 O Sistema Aquífero Serra Geral (SASG)

O Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) abrange os estados da região sul do Brasil (Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul), ultrapassando ainda os limites com a região Sudeste no estado de São Paulo e na região Centro Oeste no estado de Mato Grosso e com países vizinhos como Argentina, Paraguai e Uruguai. O Paraná apresenta o planalto basáltico e o SASG apresenta uma área de 110.000 km² com profundidade de 1400 metros no território paranaense (Souza, 2004). De acordo com Manasses (2007), o SASG foi formado no período Cretáceo em decorrências de derrames Toleíticos, formando intrusões magmáticas com uma plenitude de 109.000 km² no estado do Paraná.

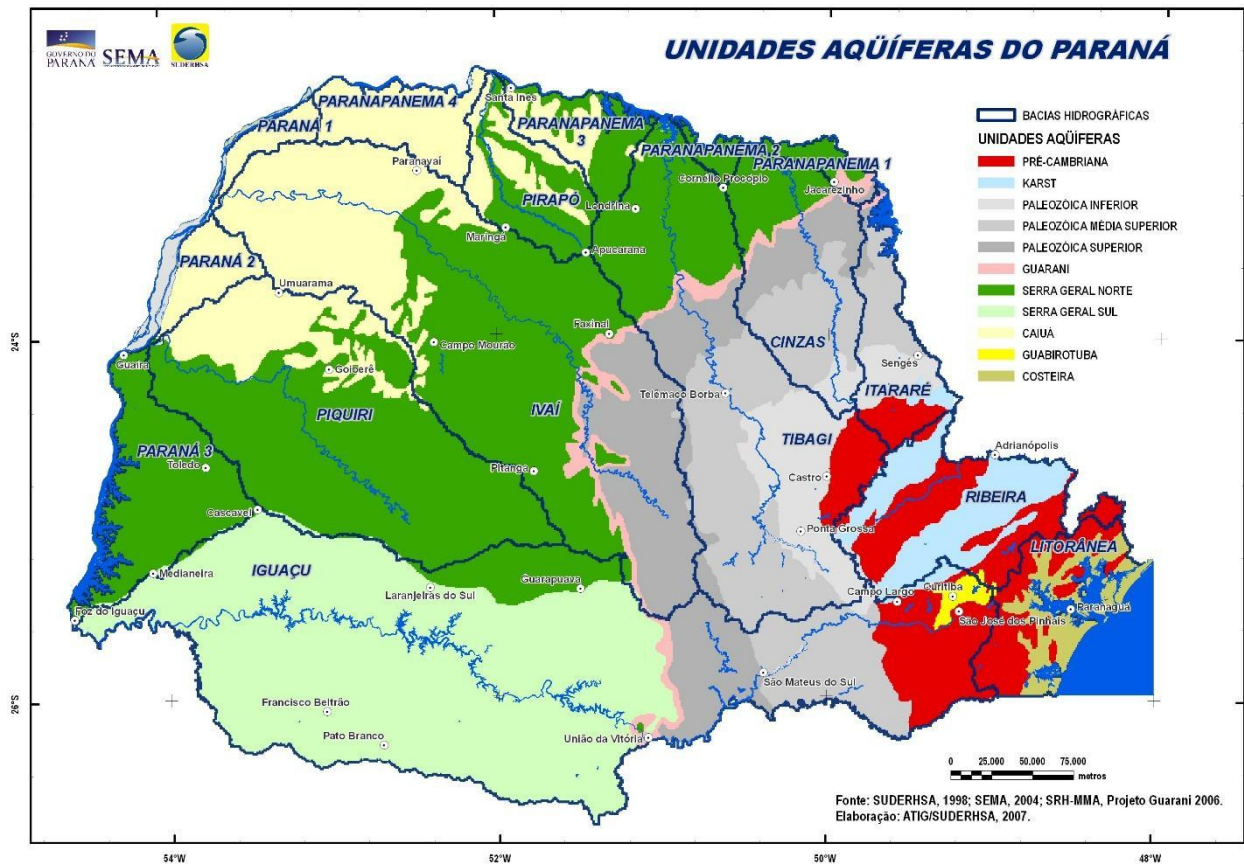
Segundo Rocha (2017), o Serra Geral é formado principalmente por rochas ígneas vulcânicas, com pequenas concentrações de riolitos e riodacitos, que são comprovadas por basaltos toleíticos e andesitos basálticos.

De acordo com Celligoi e Viana (2002) o armazenamento e o movimento de água no SASG inicia-se com o resfriamento das rochas e movimentações tectônicas criando a porosidade e permeabilidade das rochas, e o autor destaca que antes desses eventos as rochas ígneas não permitiriam a movimentação e nem se tornaria um reservatório de água.

No Paraná, o Aquífero Serra Geral é responsável pelo abastecimento de 300 municípios (Figura 2). Este aquífero formou-se de rochas vulcânicas, esse pacote basáltico recobre aproximadamente 75% da Bacia do estado do Paraná, é uma das principais fontes de recurso hídrico do Brasil (Milani, 2007).

Este Aquífero evidencia condições de armazenamento de circulação de água restritas às discontinuidades das rochas, constituindo um aquífero heterogêneo e anisotrópico, denominado de aquífero fissural, armazenando grandes volumes de água subterrânea (Machado; Freitas, 2000).

Figura 2 - Mapa com distribuição do Aquífero Serra Geral no Paraná.



Fonte: IAT, 2007.

Quando comparado os termos sódicos do Aquífero Guarani com o do Serra Geral, algumas áreas do Serra Geral apresenta valores variáveis de salinidade, sendo classificadas como bicarbonatada sódica e cálcio-magnesiânica o que pode estar relacionada com as misturas de água dos dois aquíferos (Lastori, 2002).

Scheibe e Hidrata (2008) evidenciam que as rochas vulcânicas da formação do aquífero Serra Geral estão sobrepostas ao sistema aquífero Guarani, entre as rochas a falhas, fissuras de grande porte que fazem a ligação, formando o “Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral”. Os autores ainda destacam que os estados de Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul apresentam evidências perceptíveis da conectividade hidráulica integrada. No estado do Paraná, o SASG é explorado por meio de poços rasos e, conseqüentemente, ocorre a ligação direta com as águas da superfície, tornando-o vulnerável aos processos de contaminação.

A recarga do SASG ocorre naturalmente por meio da precipitação pluviométrica, importante para o ciclo hidrológico, podendo ocorrer recargas induzidas com atividades antrópicas devido à irrigação na agricultura (Mocellin; Ferreira, 2009).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Tipo de Pesquisa e Justificativa do Método

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa descritiva com abordagem documental, que possibilita ampliar o estudo científico, trazendo em sua essência informações para a pesquisa. As informações trazidas são base de apoio, a fim de se estabelecer a pesquisa científica por meio de dados qualitativos. A pesquisa documental sugere várias alternativas de conhecimento, formulando o que está apresentado (Sá-Silva; Almeida & Guindani, 2009). “A técnica documental vale-se de documentos originais, que ainda não receberam tratamento analítico por nenhum autor” [...] (Helder, 2006: 1-2).

Deste modo, a pesquisa documental tem como base documentos elaborados por instituições, nos quais são retiradas as averiguações, para conhecimento científico que constitui uma fonte estável de dados. É uma metodologia de entendimento das análises, formuladas pelas averiguações. Utilizada também por outras metodologias para complementar a pesquisa (Flick, 2009).

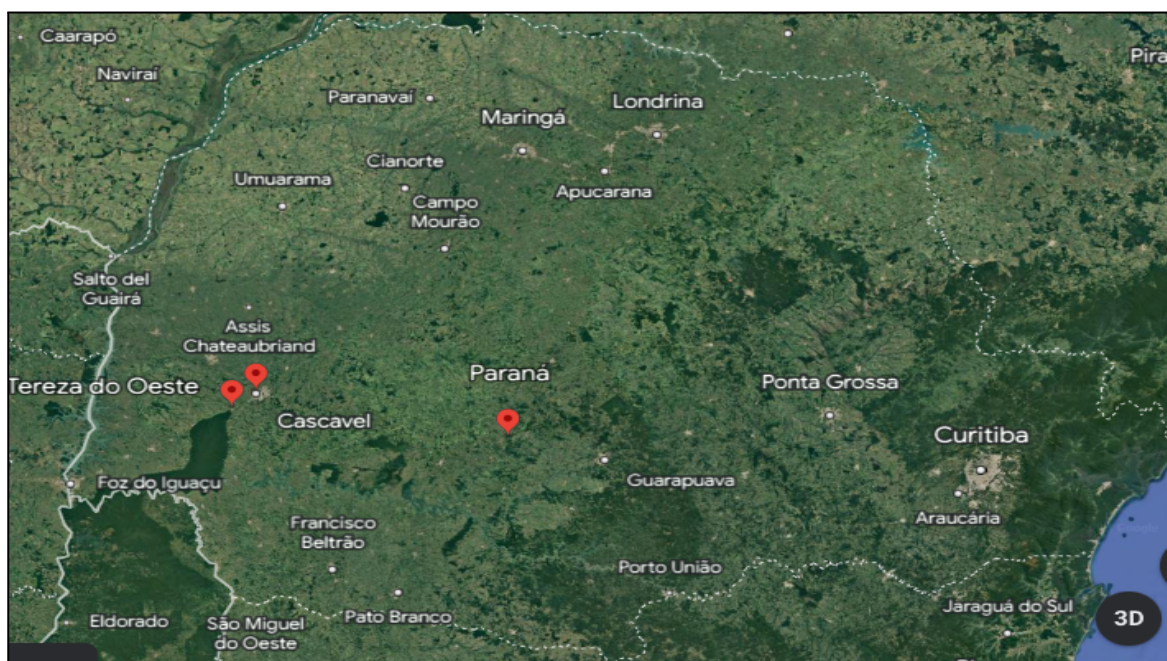
Muito confundida com a pesquisa bibliográfica, a pesquisa documental é caracterizada por ser uma fonte primária, proporcionando informações direta e inédita para a pesquisa, já a pesquisa bibliográfica é uma fonte secundária que é formada das fontes primárias para formular a pesquisa.

3.2 Delimitação Espacial e Temporal

O recorte territorial da pesquisa compreende o município de Cascavel, no estado do Paraná, localizado na região Oeste (Figura 3), com 2.094,4 km² de área territorial, com perímetro urbano de 112 km², de acordo com a Lei Municipal nº 3.826, de 20/05/2004. Em 2022, o município contabilizou 348.051 habitantes, com densidade demográfica de 173,85 habitantes por quilômetro quadrado, segundo estimativa do IBGE (2022), sendo a 5ª cidade mais populosa do Paraná, com grau de urbanização de 96%. Com um clima subtropical úmido, tem o título de pólo econômico da região Oeste do Paraná, contribuindo para este título o setor do agronegócio, polos universitários, eventos culturais

e o setor industrial (Ipardes, 2025). Apresenta desenvolvimento planejado, pois possui topografia privilegiada, considerado como o quarto melhor planejamento e urbanismo do país.

Figura 3 - Mapa com a localização do município de Cascavel Paraná

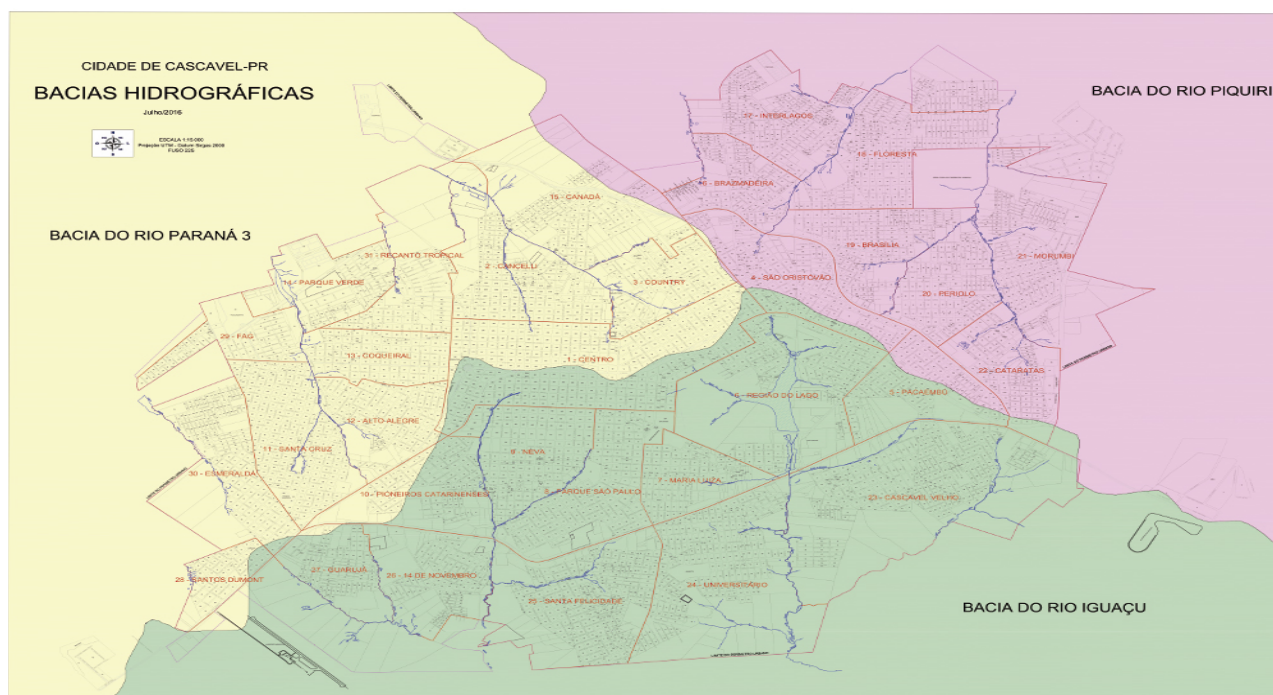


Fonte: Google Earth, 2023.

Apresenta solo latossolo roxo e profundo, com aeração, permeabilidade e retenção de água favorável (Prefeitura de Cascavel-PR, 2010). Sua hidrografia abrange três bacias hidrográficas: a Bacia do Rio Piquiri, a Bacia do Rio Paraná e a Bacia do Rio Iguaçu (Figura 4). O Rio Cascavel é a principal fonte de captação hídrica para atender a população cascavelense, seguido do Rio Saltinho, Rio Peroba e Rio Quati.

Os municípios que fazem limite com Cascavel são Boa Vista da Aparecida com 7.924 habitantes, Braganey com 4.854 habitantes, Cafelândia com 18.997 habitantes, Campo Bonito com 4.027 habitantes, Catanduvas com 10.446 habitantes, Corbélia 17.470 habitantes, Lindoeste 5.175 habitantes, Santa Tereza do Oeste 13.174 habitantes e Três Barras do Paraná com 11.135 habitantes, municípios com índice populacional baixo, tornando Cascavel como região chave, atendendo as necessidades imediatas desses municípios para sua população (IBGE, 2022).

Figura 4 - Bacias Hidrográficas presentes no município de Cascavel – PR.



Fonte: IAT, 2007

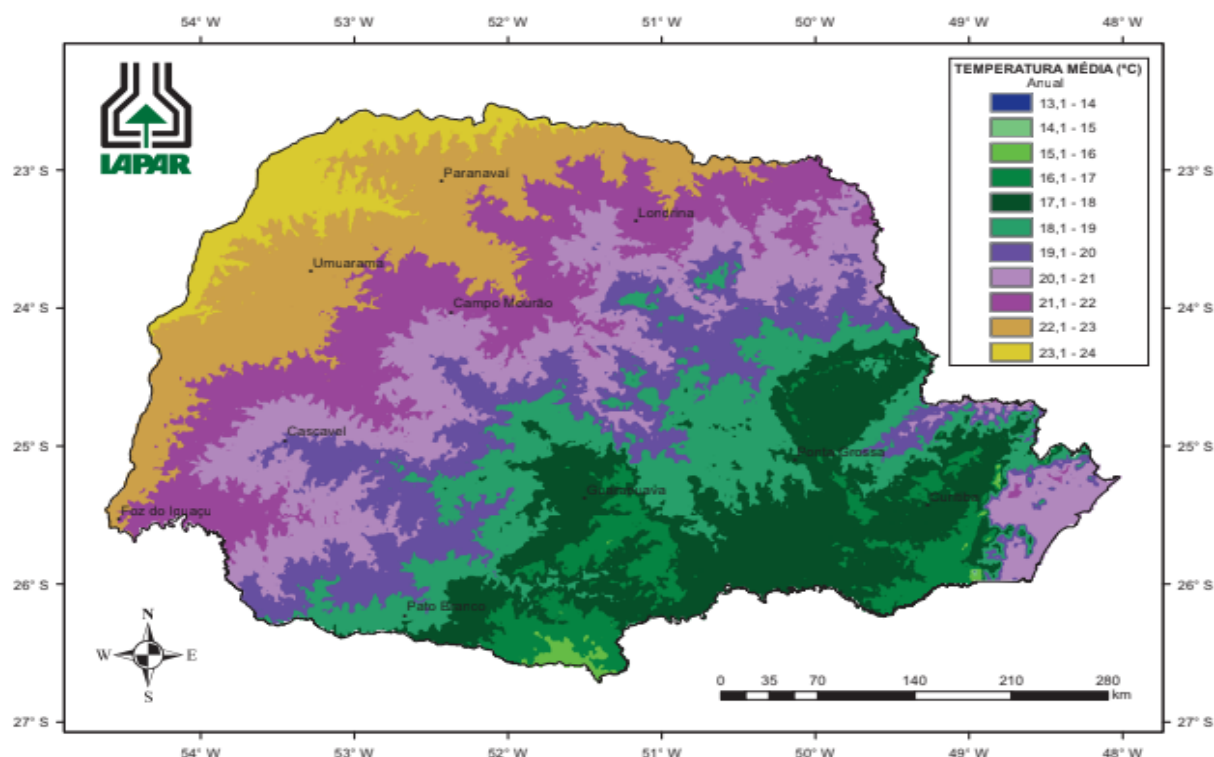
Cascavel está crescendo economicamente com reflexos no crescimento urbano e na produção agrícola que contribui significativamente para altos índices de produtividade no Paraná (Seleimanet *et al.*, 2021). O crescimento populacional é nítido quando se compara os dois últimos censos demográficos, pois em 2012 Cascavel apresentava 286.205 habitantes, tendo aumento significativo no censo do IBGE de 2022 de 21,61%, o que reflete na disponibilidade hídrica, pois gera pressão para atender a demanda de água de qualidade.

As Bacias Hidrográficas que abastecem as fontes de captação hídrica são pressionadas pelo crescimento urbano e pelo setor agrícola que é base produtiva do município. Com atividade agrícola intensa, gera-se preocupações com resíduos químicos que são depositados nas margens dos Rios e nascentes, tornando cada vez mais o processo de tratamento de água mais complexo. A ausência da mata ciliar nas margens dos rios é preocupante, pois em época chuvosa ocorre lixiviação e a matéria orgânica e outros compostos são carregados para os rios, ocorrendo o assoreamento e consequentemente prejudicando todo o ecossistema.

3.2.1 Clima

O clima de Cascavel é considerado subtropical úmido Mesotérmico, com verões quentes e temperatura média superior a 22 °C e invernos frios com formação de geadas em algumas regiões com temperatura média inferior a 18°C, sendo que Cascavel apresenta uma temperatura média anual de 20°C (Figura 5).

Figura 5 - Mapa da temperatura média dos municípios do estado do Paraná.



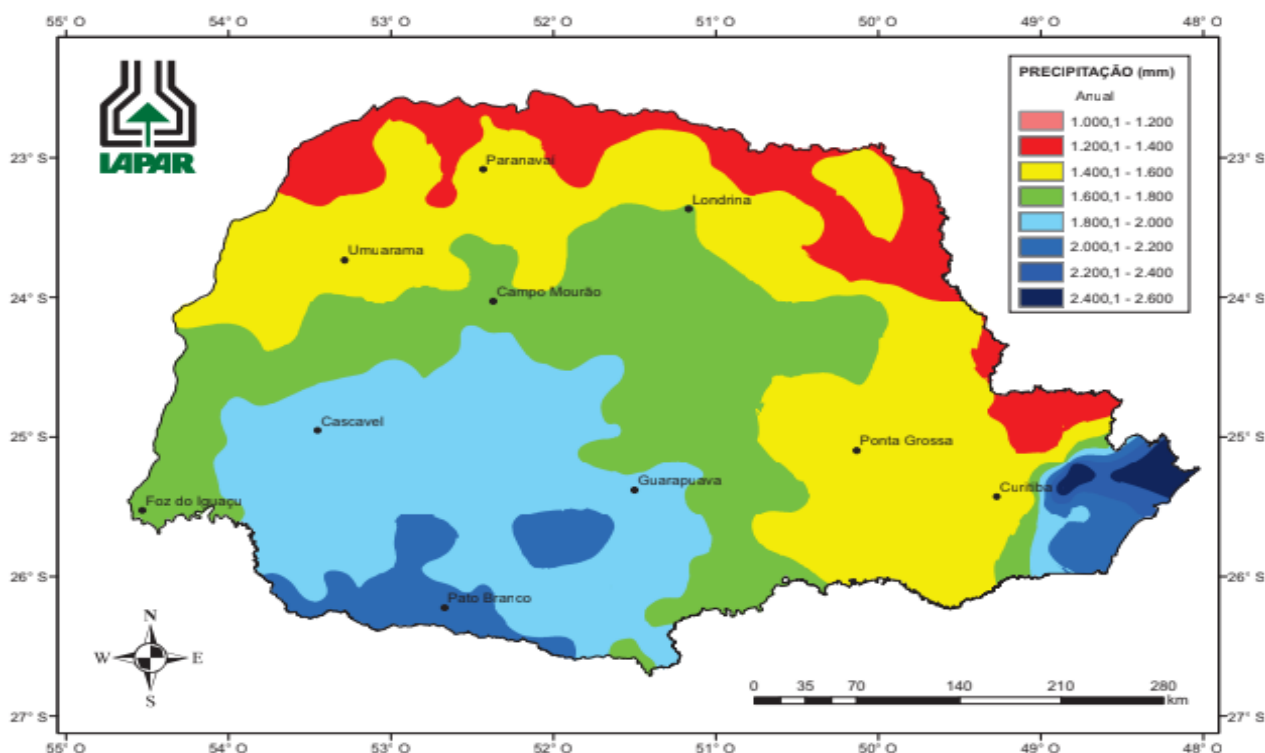
Fonte: IAPAR, 2019

A ocorrência de chuvas é em todas as estações do ano, porém com diferentes quantidades de precipitação, apresentando maior média de precipitação no verão, podendo chegar a 500 mm. Além disso, é possível observar no mapa de precipitação do estado do Paraná (Figura 6), que Cascavel apresenta média anual de precipitação maior que sua capital Curitiba, podendo chegar a média de 2000 mm, de acordo com dados do IAPAR (2019).

A umidade relativa do ar do município de Cascavel gira em torno de 75% e os ventos sopram na direção nordeste/sudoeste e leste/oeste com velocidade média entre 33 km/h e 46 km/h (Prefeitura de Cascavel-PR, 2010). Em relação à mata atlântica no

território do município de Cascavel, restam 22.622 hectares (Ipardes, 2025), apresenta uma reserva ecológica urbana o Parque Ecológico Paulo Gorski com uma área de mata nativa de 55,53 hectares sendo 38 hectares de lâmina d'água formando o lago e 17,91 hectares está o Zoológico do município de Cascavel.

Figura 6 - Mapa da precipitação média anual dos municípios do estado do Paraná.



Fonte: IAPAR, 2019.

3.2.2 Monitoramento de Secas

As alterações climáticas como as secas impactam a região de ocorrência afetando a sociedade com crises econômicas e escassez de água. Os eventos de seca são caracterizados por sua duração, frequência e extensão geográfica, juntamente com as condições climáticas e hidrológicas da região afetada (Gonçalves et al., 2021). A baixa precipitação resulta na diminuição de águas superficiais e subterrâneas trazendo graves consequências ambientais e sociais nos períodos de seca (Gomes et al., 2017).

A análise do evento de seca, considerando sua frequência, intensidade, duração e área afetada, exige um conjunto amplo de dados históricos e atualizados das condições

meteorológicas e hidrológicas de uma região. Essa análise é fundamental para identificar áreas vulneráveis e detectar a ocorrência de secas no estágio inicial, verificando o comportamento dos recursos hídricos nas regiões afetadas. Para isso, as variáveis utilizadas são a precipitação, temperatura, vegetação, umidade do solo e armazenamento hídrico. Esses índices permitem a categorização conforme a intensidade definida pela relação entre severidade e duração em níveis como fraca, moderada, grave e extrema (Gonçalves, 2021).

Em âmbito nacional, o órgão responsável pelo sistema de monitoramento de secas no Brasil é a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), com dados disponíveis em <https://monitordesecas.ana.gov.br>, no qual se encontra a sala de situação, com um instrumento tecnológico para acompanhar as condições de precipitação, vazão e níveis dos reservatórios permitindo o monitoramento mais eficiente das principais bacias hidrográficas do território nacional.

3.2.3 Bacia do Rio Piquiri

Terceira maior Bacia do Estado do Paraná, com área de drenagem de 24.156 km², a bacia do rio Piquiri corresponde a cerca de 12% da área do Estado, atravessando toda a extensão no sentido sudeste - centro oeste, sendo sua foz no rio Paraná (Sema, 2015). As águas da bacia do Piquiri provém de mananciais superficiais com 52% e subterrâneos com 48% (Sema, 2010). A bacia está entre as coordenadas geográficas de 23°30'00" e 25°30'00" latitude sul e 51°30'00" e 54°30'00" de longitude oeste.

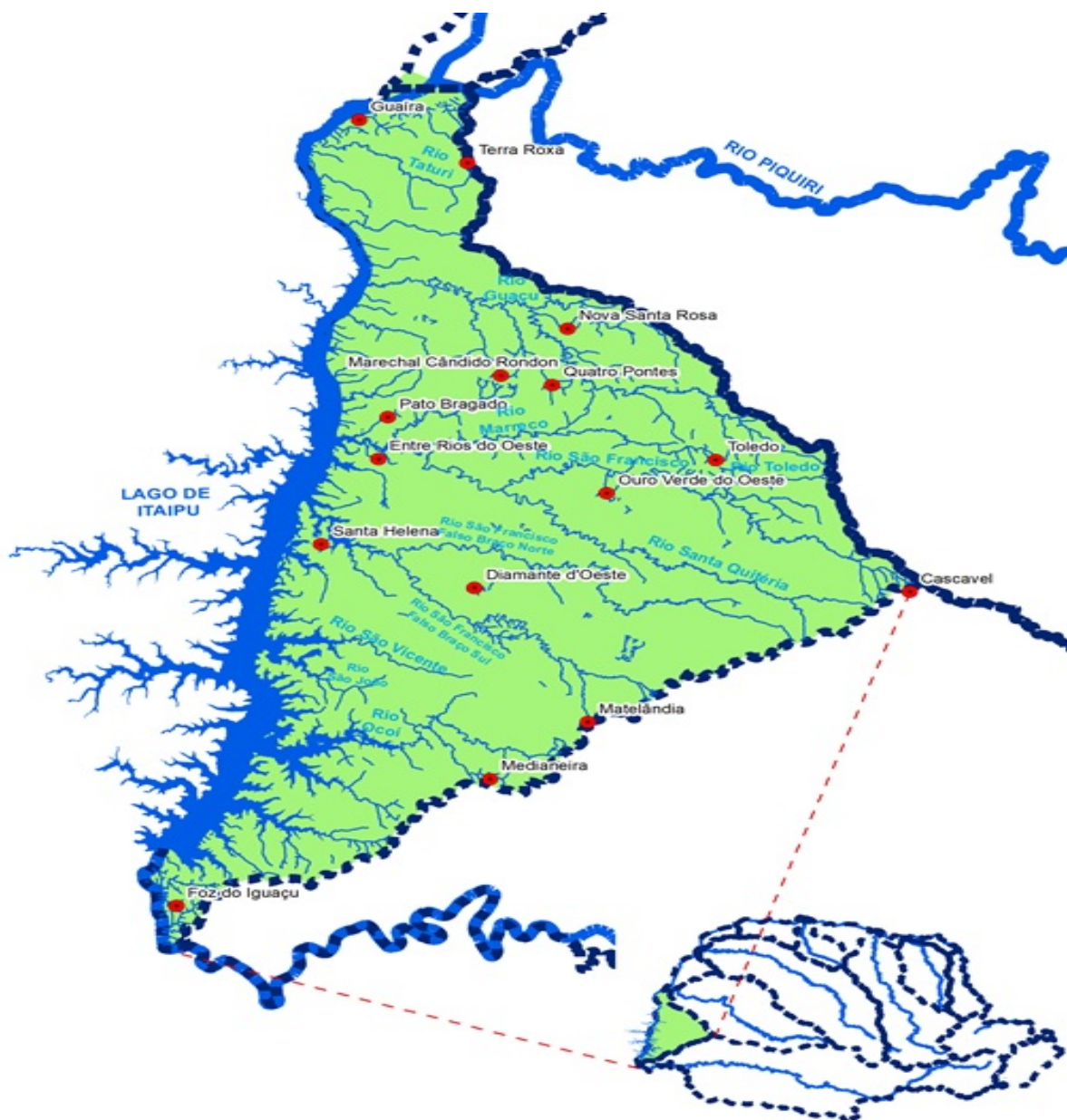
Abrangendo 69 municípios do centro-oeste do estado, a bacia hidrográfica do rio Piquiri está numa região agrícola do estado do Paraná, com produção de grandes culturas como soja e milho, destacando sua relevância no setor econômico do estado.

3.2.4 Bacia do Rio Paraná 3

Abrangendo 28 municípios (Figura 7), com extensão de aproximadamente 8.000 km², a bacia do Paraná 3 (BP3) está localizada na mesorregião Oeste do Paraná entre as latitudes 24° 01' S e 25° 35' S e as longitudes 53° 26' O e 54° 37' O, delimitada ao norte pela bacia do rio Piquiri e ao sul pela bacia do rio Iguaçu, desses municípios o Planalto de

Cascavel é privilegiado com uma área de 1.997 km², correspondendo a 23% da bacia, sendo a parte mais elevada da bacia com altitudes entre 340 e 725 m (Plano da bacia do Paraná 3, 2014). O solo nas altitudes mais altas da BP3 é de predomínio Latossolos Vermelho Férrico e Nitossolo Vermelho Férrico.

Figura 7 - Mapa apresentando a área de abrangência do rio Paraná 3



Fonte: IAT, 2023

A BP3 apresenta rios classificados como consequentes e drenam em sentido oeste, com foz no reservatório de Itaipu. Os Rios que destacam-se na bacia é o rio Guaçu com 1183,5 km² de extensão, cujas nascentes se encontram em Toledo, município vizinho de Cascavel, rio São Francisco Falso com 1703,0 km² e Ocoí com 928,3 km² de extensão, que nascem em Céu Azul e Matelândia e rio São Francisco Verdadeiro que nasce em Cascavel abrangendo uma extensão de 2144,1 km² a maior entre os principais rios da bacia (Paraná, 2010).

De acordo com Zalán *et al.*, (1990), a bacia do Paraná 3 é formada por rochas basálticas que teve origem por vulcanismo do tipo fissural relacionado à ruptura Ecretáceo, ruptura esta que acarretou a disjunção do continente Sul-Americano da África e como resultado a formação do Oceano Atlântico Sul.

A bacia do Paraná 3 é intensamente explorada de forma dinâmica e em expansão por agricultores e agroindústrias, em função do seu relevo apresenta diferentes níveis de ocupação, tornando a sua ocupação heterogênea.

3.2.5 Bacia do Rio Iguaçu

Entre as bacias hidrográficas que estão no estado do Paraná, a bacia do rio Iguaçu é a maior com uma área de 70.800 km², e com extensão desde a nascente até a sua foz de aproximadamente 910 km, dos quais 79% se encontram no Paraná, 19% pertencem ao estado de Santa Catarina e o restante com Argentina com 2% de sua extensão. É distribuída nos três planaltos paranaenses, dividindo-se em três unidades hidrográficas: alto, médio e baixo Iguaçu (Baumgartner *et al.*, 2012).

A sua formação ocorreu por frequentes derrames basálticos, no período Mesozóico e Paleozóico, constituindo os vários tipos de solos que formam a bacia do rio Iguaçu, predominando o Latossolos resultantes das transformações das rochas basálticas (Empresa Brasileira de Agropecuária, 2006).

No território do Paraná cobre a superfície de 54.820 km² e, desta área, o terceiro planalto da bacia hidrográfica do baixo rio Iguaçu detém área de 26.552 km², e o canal do rio Iguaçu que possui 483,5 km de extensão, abrangendo 111 municípios, sendo as cidades mais importantes: Curitiba, São José dos Pinhais, Colombo, Cascavel

(parcialmente), Guarapuava, Araucária, Pinhais e Francisco Beltrão conforme Figura 8 (Sema, 2010).

As águas do rio Iguaçu recebem diversas afluentes destacando-se alguns, como: rio da Várzea, Negro, Turvo, Cavernoso, Jangada, Canoinhas, Chopim, Areia, Jordão, das Cobras, Santana, Salto, Jaracatiá, Cotejipe, Capanema, Tormenta, Floriano e Gonçalves Dias. Por estar situado num relevo com diversos afluentes, a bacia hidrográfica do rio Iguaçu, influência na fauna e flora por onde percorre, com suas quedas d'águas que resultam devido ao seu relevo, principalmente nas áreas do planalto basáltico, áreas estas que favoreceram a construção de seis usinas hidrelétrica, responsáveis por 6,54 % da produção de energia do país, além disso proporcionam um trecho navegável de 239 km (Alchieri; Castanha, 2016).

No município de Cascavel, a bacia hidrográfica do Iguaçu está presente em 52% de seu território, com seus afluentes principais: o rio Tormenta, Andrade e o rio Cascavel, rios estes que compõem o manancial do município no seu abastecimento de água. O rio Cascavel apresenta nascentes dentro da área urbana do município, tornando-as vulneráveis à contaminação e pressão exercida no solo decorrente do intenso desenvolvimento urbano.

Figura 8 - Mapa da área de abrangência da bacia do baixo Iguaçu



Fonte: IAT, 2023

3.3 Fontes de Dados e Instituições Consultadas

O estudo foi fundamentado na coleta de informações com base em documentos obtidos por meio de ofícios, consultas públicas e contatos diretos. A empresa responsável pelo saneamento básico, SANEPAR, foi consultada por ofícios e consultas públicas, enquanto o SIMEPAR e o IAT foram contatados via e-mail, além da obtenção de informações através de planilhas eletrônicas disponíveis publicamente nos sites desses órgãos.

A análise foi realizada no período de janeiro de 2013 a dezembro de 2023, com dados relacionados à quantidade de água disponível nas estações de tratamento da SANEPAR, consumo de água e outorgas vigentes.

A coleta de dados foi seguida pela análise e compilação em tabelas utilizando o software Microsoft Excel, elaborando diversos tipos de gráficos de acordo com a informação analisada. Os principais modelos de gráficos utilizados foram: gráfico de pizza empregados para representar a porcentagem de outorgas liberadas em cada ano e a proporção das atividades econômicas; gráfico de coluna para comparação de valores como no crescimento populacional e água tratada e consumida; gráficos com linhas de tendência para verificar o crescimento dos dados ao longo do tempo. E o software Origin 2024b® permitindo uma análise visual das informações obtidas com a construção de gráficos de dispersão, análise das variáveis e aplicação de linhas de tendência, devido aos seus recursos de análise estatística. A utilização desses dois software permitiu a formulação gráfica e clara dos dados coletados.

A correlação entre os recursos hídricos, o crescimento populacional e as variáveis climáticas foi cuidadosamente observada para identificar possíveis interferências e tendências ao longo da década.

3.3.1 Análise das outorgas do IAT (Instituto Água e Terra)

Inicialmente foi realizada a contagem das outorgas cadastradas em todo o município de Cascavel/PR obtidos por dados do Instituto da Água e Terra do Paraná (IAT) dados estes que são disponibilizados para o público no site www.aguasparana.pr.gov.br

contendo as outorgas de todo o Paraná em planilhas eletrônicas do Microsoft Excel, distintos por anos de pedidos de outorgas.

Foi realizada a seleção das outorgas do município de Cascavel - PR nas planilhas, no qual foi necessário um criterioso trabalho de análise desses dados, visando a separação por ano, a quantidade no ano de outorgas, o tipo de captação, a atividade, a bacia hidrográfica, a vazão outorgável e total de captação em m³ por ano. Após a retirada dos dados, estes foram organizados em planilhas por anos e comparados.

3.3.2 Análise da Sanepar

Para obter informações da demanda de água no município de Cascavel/PR, encaminhou-se à SANEPAR, por meio de protocolo, as seguintes questões: Qual a capacidade total de produção de água tratada (m³/dia) da SANEPAR de Cascavel? Qual o consumo atual (m³/dia) do município? Quantos poços de abastecimento estão ativos e qual a sua produção? Quais medidas estão sendo tomadas em relação a distribuição de água considerando o crescimento da população? Em épocas com grande precipitação pluviométrica, muitas delas em curto período, como o abastecimento pode ser afetado? A Sanepar tem algum planejamento em longo prazo, considerando as mudanças climáticas? Qual o atual (2023) índice de coleta de esgoto no município de Cascavel? e Qual é a previsão para os próximos anos?

Após o protocolo da solicitação, as informações foram repassadas via email, e outras foram direcionadas para consulta na base de dados no Site Nacional de Informações sobre Saneamento, o SNIS, disponível em www.app4.mdr.gov.br/serieHistorica/.

Os dados por ano com as vazões de abastecimento foram via consulta pública na base de dados do site SNIS <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>.

Os dados selecionados para o município de Cascavel/PR por ano foram: volume de água disponível (1000 m³/ano) para o consumo da população, neste volume inclui a água total captada pelo prestador de serviço com a água bruta importada, ambas tratadas nas Estações de Tratamento de Água (ETAs); volume de água tratada (1000 m³/ano) inclui a água bruta captada e a água bruta importada nas ETAs, neste volume não inclui o volume de água tratada por simples desinfecção e nem o volume de água já existente tratado;

volume de água consumida (1000 m³/ano) por todos os usuários, captado com o volume micromedido, constando o volume estimado das ligações desprovidas de hidrômetro juntamente com o volume de água tratada exportado para outro prestador de serviço (SNIS, 2023).

Para o volume de água faturado, é necessário adotar parâmetros de consumo mínimo, que podem ser superiores aos volumes efetivamente consumidos, constatando a quantidade de água debitada ao total de economias (medidas e não medidas) para fins de faturamento, incluindo o volume de água tratado exportado para outro prestador de serviços e o volume de esgoto tratado (1000 m³/ano) coletado na área de atuação do prestador de serviços, medidos ou estimados nas ETEs, em geral é de 80% a 85% do volume de água consumida na mesma economia, não inclui o volume de esgoto bruto importado nem o volume de esgoto bruto exportado (SNIS, 2023).

Os dados compilados foram comparados com as outorgas do IAT juntamente com a precipitação, elaborando-se gráficos para verificar as variações ao longo do tempo.

3.3.3 Análise da Simepar

Os dados relativos à precipitação (mm) e a temperatura média (c°) anual do município de Cascavel (2013 - 2023) foram solicitados no Simepar via e-mail no faleconosco@simepar.pr. Utilizou-se o Atlas climático do estado do Paraná como referência de precipitação média e temperatura média anual (Atlas Climático do Estado do Paraná, 2019).

Verificou-se as precipitações no decorrer de uma década (2013-2023), que permitiram analisar se ocorreu demanda maior na vazão de água na Sanepar ou se ocorreu demanda maior nas outorgas liberadas.

3.4 Matriz SWOT/FOFA

A Matriz SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*) ou FOFA (Fragilidades, Oportunidades, Forças, Ameaças) é uma ferramenta utilizada na concepção de projetos empresariais, que orienta o diagnóstico na análise dos planos de ação (ULRICH, 2002). A simplicidade da Matriz SWOT/FOFA permite a sua aplicação em

diversos setores, auxiliando a analisar os aspectos internos fortes e fracos e os externos como ameaças e oportunidades (Zimmermn, 2015). A razão importante para utilizar a matriz SWOT/FOFA dentro dos recursos hídricos é desenvolver estratégias com os dados reais dos fatores internos e externos. Esta visão permitirá planejar ações satisfatórias e melhorar a disponibilidade hídrica da região.

O presente estudo propõe aplicar a Matriz SWOT/FOFA, nos indicadores dos recursos hídricos analisados, com o intuito identificar os fatores internos e externos no município de Cascavel-PR.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

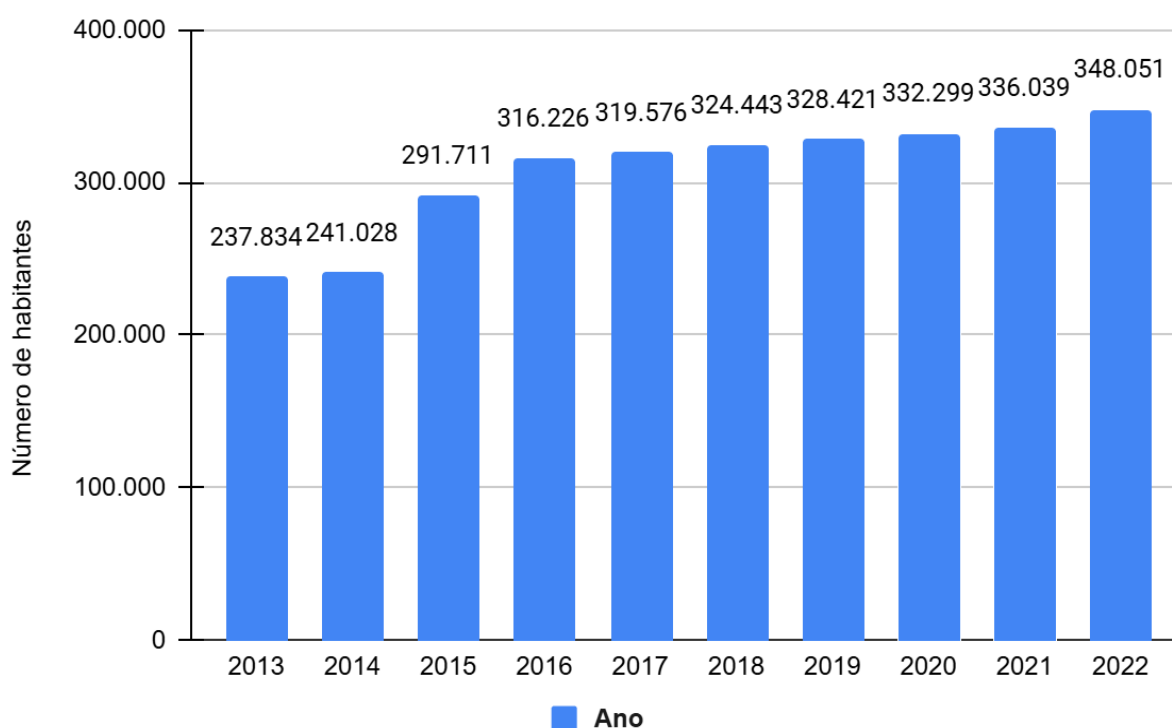
4.1 Crescimento Populacional de Cascavel no período estudado

O crescimento populacional está cada vez mais diretamente relacionado com a escassez dos recursos hídricos, neste sentido foi criado no instituto UNESCO-IHE (Educação em recursos hídricos) em 2002 com a colaboração de Arjen Hoekstra o conceito de “Pegada hídrica” em uma reunião de peritos internacionais com o debate do comércio de água em Delf, Holanda.

A Pegada hídrica foi inserida com o objetivo de relacionar o uso da água na sobrevivência humana. Em 2008 Hoekstra diante do interesse internacional da pegada hídrica fundou a *Water Footprint Network* (Rede de pegada hídrica), com a meta de criar consciência do enorme volume de água utilizado na qualidade de vida do homem, visando alcançar o uso racional e sustentável. A medição da pegada hídrica quantifica o volume de água doce em litros ou metros cúbicos, utilizado no decorrer da produção de um bem de consumo direta e indiretamente até os hábitos diários de sobrevivência humana que está disponível no site <https://ech2o.aprh.pt/peghidrica/pt/> para a sociedade realizar a “Pegada hídrica”. A Organização Mundial da Saúde utilizando as referências a nível mundial elaborado pelo pesquisador Arjen Hoekstro, estima que são consumidos 200 litros de água em um hábito cotidiano como um banho de 10 minutos, ressalta que uma pessoa em média/ano consome 1.385 metros cúbicos de água com esta e outras atividades (Mulher, 2019).

O município de Cascavel apresentou aumento significativo populacional no decorrer dos anos, conforme demonstra a Figura 9. Em uma década, Cascavel aumentou 111 mil habitantes, de acordo com os dados do censo demográfico (IBGE 2022) e, com isso, a demanda do uso de água para suprir as atividades essenciais apresentou aumento significativo (Figura 16), gerando pressão nas bacias hidrográficas de Cascavel.

Figura 9 - Crescimento populacional do Município de Cascavel/PR entre os anos de 2013 e 2022.



Fonte: IBGE, 2022

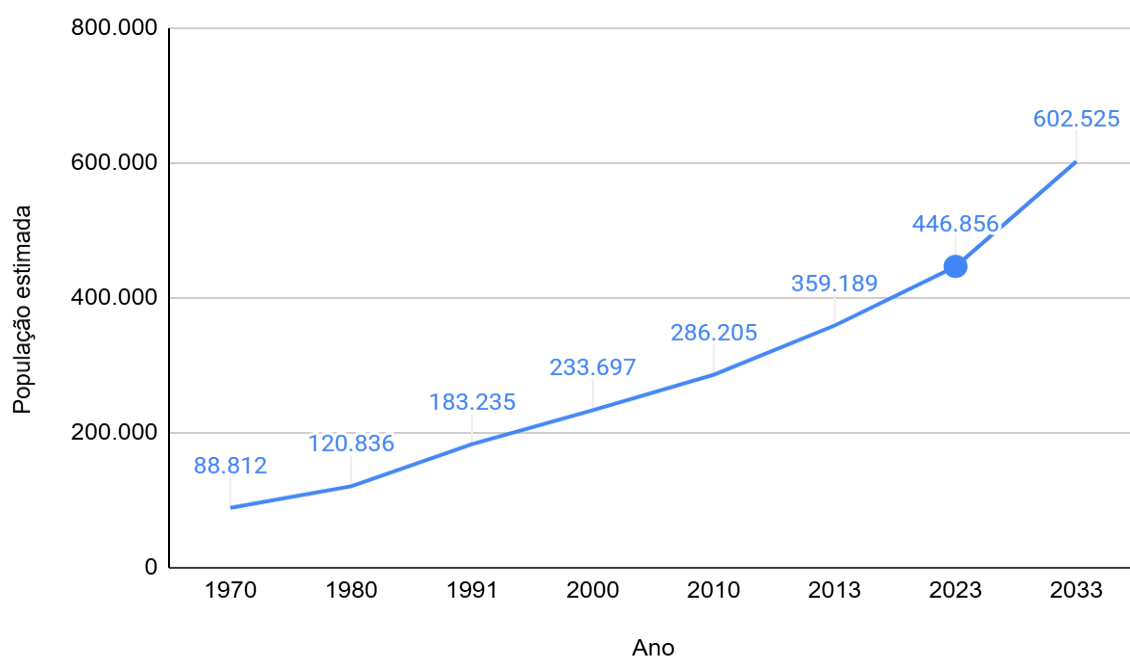
Conforme estudo realizado por Bacovis (2023), o problema da disponibilidade hídrica não são apenas as mudanças climáticas que estão ocorrendo, mas também o aumento da demanda de água, seja devido ao crescimento populacional ou devido ao crescimento do setor produtivo (PIB), que compromete sua qualidade e quantidade dos recursos hídricos.

Com o exponencial crescimento populacional, em 2013 Cascavel elaborou o decreto municipal nº 11.454, que implementou o comitê Gestor do Plano Municipal de Saneamento Básico de Cascavel, com o objetivo de conduzir a construção do Plano Municipal com metas de curto, médio e longo prazo, almejando o acesso universal do

saneamento básico para a população Cascavelense. É um Plano norteador para gestão de serviços locais e ambientais referindo-se ao abastecimento de água desde sua captação, qualidade, quantidade, destinação final da coleta do esgoto e com a drenagem das águas pluviais, que prevê sua recapitulação do Plano em quatro anos (PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE CASCAVEL, 2016).

A estimativa da população apresentada neste Plano Municipal no ano de 2013 (Figura 10), está superestimada, pois a população projetada para 2013 (359.189) neste plano só é alcançada parcialmente no ano de 2022 (348.051), de acordo com o censo demográfico do IBGE (IBGE, 2023), indicando a necessidade de uma reformulação na metodologia utilizada. Para atender a demanda do município, o plano estimou a exploração de toda a capacidade dos mananciais apresentando vazão diária de 72.652 m³, quantidade suficiente para abastecer a população de até 324.160 mil habitantes. Para atender a demanda atual de abastecimento no município de Cascavel, a Sanepar tem vazão diária de 91.579 m³/dia, mas no decorrer da última década, para chegar nesta vazão diária atual, foi necessário acelerar novas captações que estavam previstas para atender a população prevista no ano de 2030. No Plano do Município de saneamento básico de Cascavel são estabelecidas práticas concretas referente ao saneamento básico, abrangendo 7 distritos e suas comunidades.

Figura 10 - Evolução populacional estimada que se encontra no Plano Municipal de Saneamento básico de Cascavel elaborado no ano de 2016

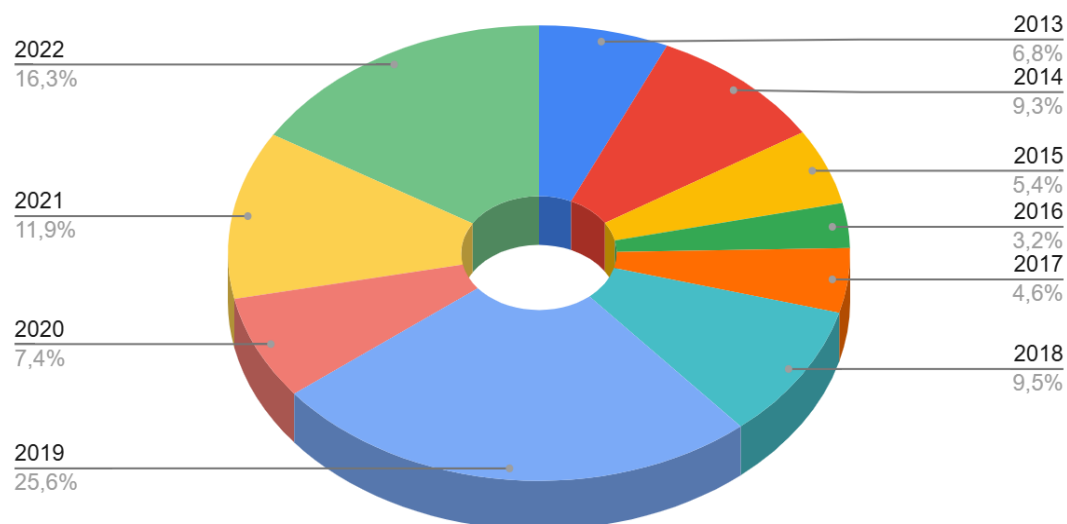


Fonte: Plano Municipal de saneamento básico do município de Cascavel - Paraná 2016

4.2 Atividades econômicas que demandaram de outorga de recursos hídricos

Entre a década de 2013 a 2022, as quantidades de outorgas liberadas foram bastante diferentes, pois o ano de 2019 apresentou a maior quantidade de outorgas liberadas (25,6%) do período estudado, incluindo 'as do saneamento da Sanepar, e o ano que houve menor liberação de outorgas foi o ano de 2016 (3,2%), conforme pode ser visto na Figura 11.

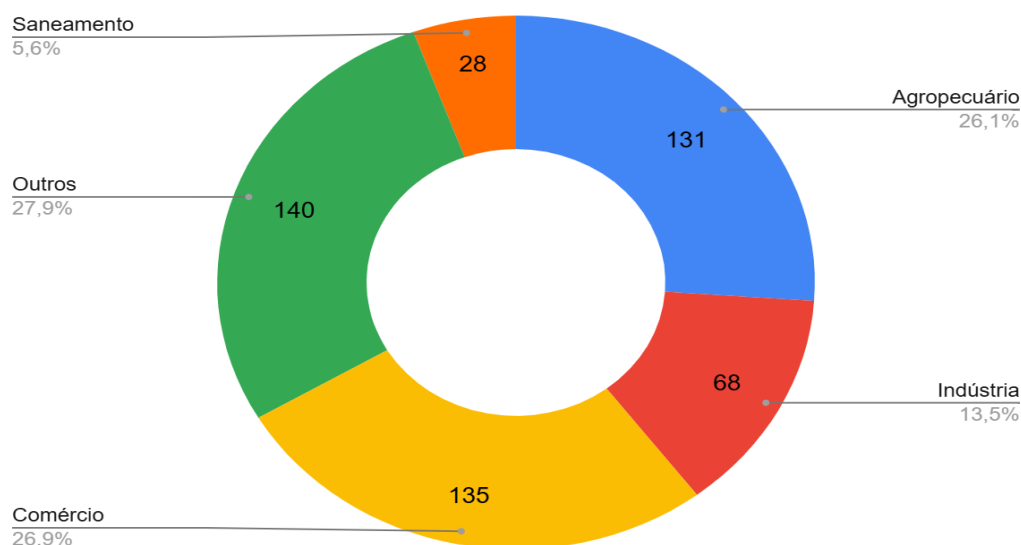
Figura 11 - Porcentagem da quantidade de outorgas liberadas entre os anos de 2013 a 2022 no Município de Cascavel.



Fonte: IAT, 2023

As atividades econômicas presentes nas outorgas vigentes são: indústria, comércio, agropecuária, saneamento e outros (residências, incluindo chácaras de lazer e condomínios prediais). Na agropecuária, as outorgas vigentes são para águas superficiais e subterrâneas totalizando 26,1% de outorgas liberadas em uma década sendo a terceira atividade que mais utilizou deste recurso natural, já as atividades residenciais apresentaram maior demanda de outorgas liberadas, totalizando 27,9% (Figura 12).

Figura 12 - Quantidade das atividades econômicas no município de Cascavel entre os anos de 2013 a 2022

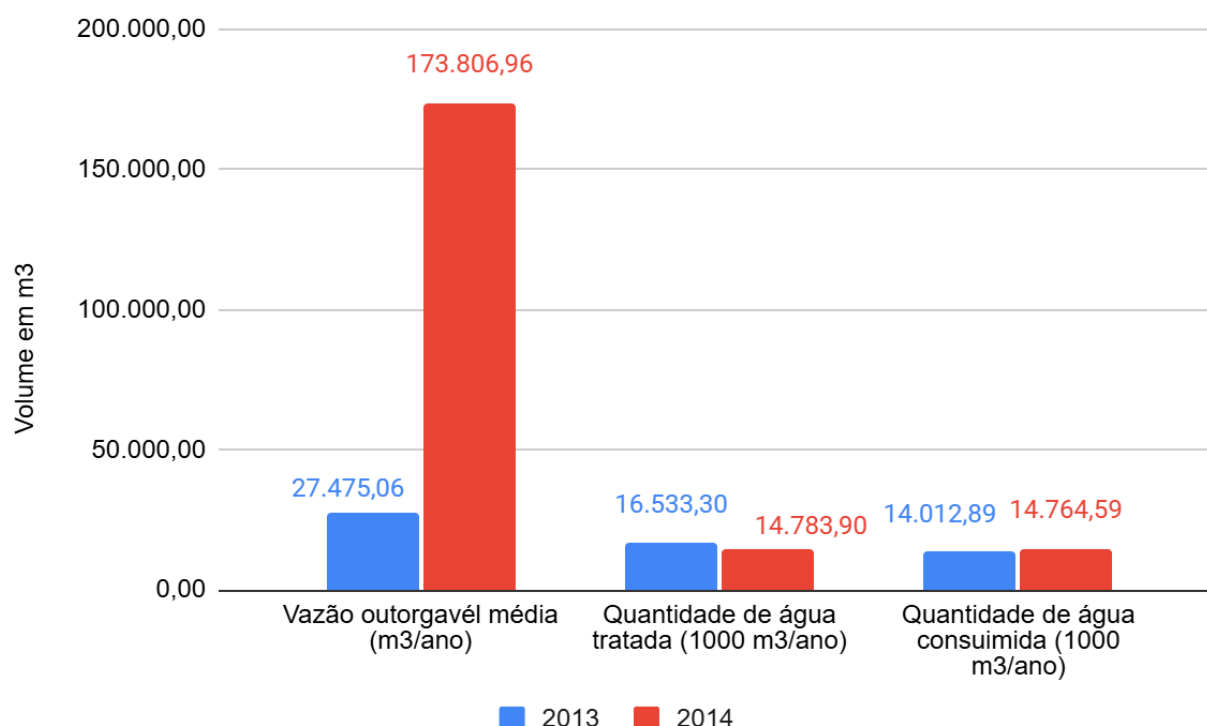


Fonte: IAT, 2023

No ano de 2013, o município apresentou 34 outorgas de uso de água, sendo que o comércio foi a atividade que mais utilizou o recurso de águas subterrâneas com o total de 12 outorgas liberadas, junto com as atividades industriais, agropecuária e outros, totalizando vazão média de 27.475,06 (m³/ano). As estações de tratamento da Sanepar apresentaram no mesmo ano 16.533,30 (1000 m³) de água tratada, e a população consumiu 14.012,89 (1000 m³) sobrando em seus reservatórios 8% de água tratada.

No ano de 2014, o saneamento se destacou com 27% das outorgas liberadas seguido da atividade industrial com 23%, totalizando junto com o setor agropecuário, comércio e outros uma vazão média no ano 173.806,96 m³, destas 28 se localizam na bacia do Iguaçu. Comparando-se os dois anos (Figura 13), é notável o crescimento da demanda de água em relação a um ano apenas nas outorgas (855,87%). No mesmo período, a demanda da Sanepar expressou fase crítica com a quantidade de água tratada com 14.783,90 (1.000 m³) e a quantidade de água consumida de 14.764,59 (1.000 m³), ou seja, consumiu-se 99,87% da água tratada.

Figura 13 - Diferença da quantidade de água outorgável (m³) com a quantidade de água tratada e consumida (m³) nos anos de 2013 e 2014



Fonte: IAT, 2023/SANEPAR, 2023

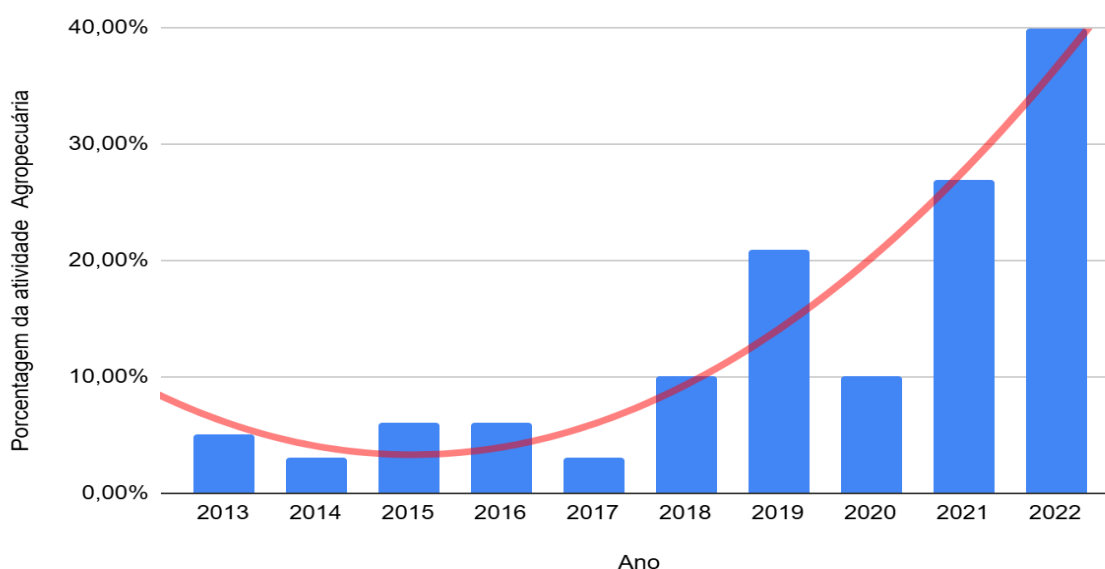
O ano de 2016 apresentou a menor quantidade de outorgas vigentes com 3,2% na década, quando comparado com o ano de 2015 com 5,4% de outorgas vigentes, a vazão média outorgável no ano de 2016 apresentou aumento na vazão média de 13.005,69 m³ totalizando vazão média de 46.972,80 (m³/ano), e no ano de 2015 obteve vazão média de 33.967,11 (m³/ano). Este aumento na vazão no ano de 2016 pode ser explicado pela atividade agropecuária que apresentou 37,5% das outorgas vigentes, e o saneamento com Captação, tratamento e distribuição de água com 12,5% de outorgas vigentes, enquanto que no ano de 2015 a atividade agropecuária apresentou 22,2% e saneamento não apresentou outorgas vigentes.

No ano de 2017 as atividades econômicas residenciais apresentaram 34,7% das outorgas vigentes, seguido do comércio com 26,1% das outorgas vigentes, perfazendo vazão média no ano de 37.076,87 m³. A atividade agropecuária voltou a apresentar a maior quantidade de outorgas vigentes nos anos de 2021 e 2022, conforme pode se observar na Figura 14.

No ano de 2019, aumentou-se significativamente a quantidade de outorgas vigentes, comparando-se com os anos anteriores. Entre os anos de 2013 a 2018, o ano de 2018 apresentava 48 outorgas vigentes, sendo neste período o ano com a maior quantidade de outorgas vigentes, com uma vazão média de 91.523,54 (m³/ano).

Em 2019 foram 130 outorgas, totalizando 25,6% das outorgas vigentes em uma década, destacando-se as atividades residenciais com 30%, o comércio com 25,3% e apresentando neste ano o saneamento com 6,1% das outorgas vigentes.

Figura 14 - Histórico temporal da contribuição da atividade econômica da Agropecuária no total de outorgas, no município de Cascavel, no período de 2013 a 2022.



Fonte: IAT, 2023

No ano de 2020 evidenciou três atividades econômicas nas outorgas vigentes, as residenciais com 43,2%, o comércio com 29,7% e a agropecuária com 27,1%, totalizando vazão média de 30.612, 32 (m³/ano) com 37 outorgas.

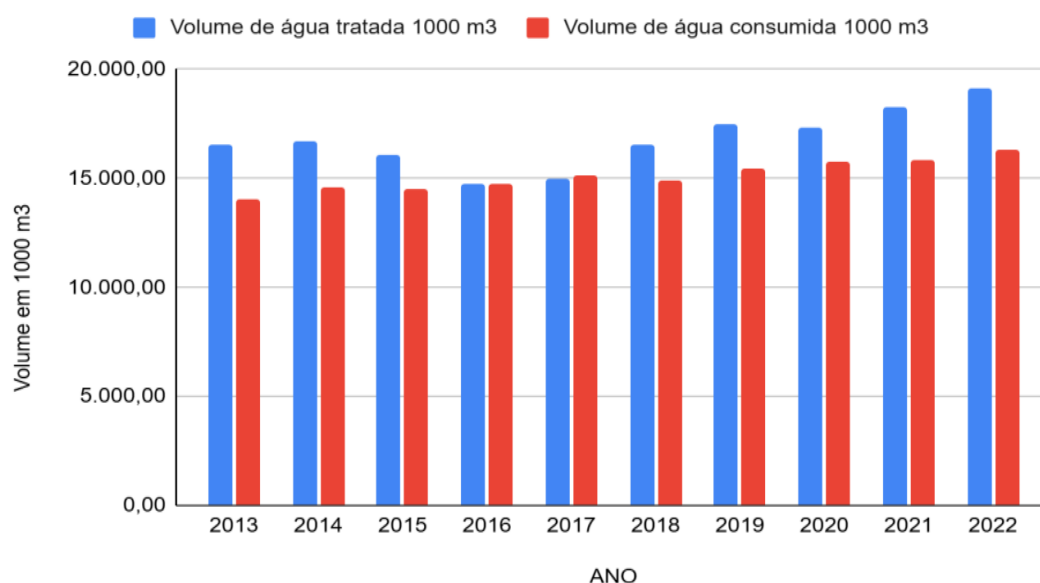
No ano de 2021 foram identificadas 60 outorgas vigentes, neste ano cinco atividades econômicas estão presentes destacando-se a atividade da agropecuária (45%) e do comércio (33,3%), com as maiores demanda das outorgas vigentes, resultando com as atividades industriais (5%), residenciais (15%) e saneamento (1,6) uma vazão média de 48.507,97 (m³/ano) de outorgas vigentes.

Em 2022 volta a crescer a quantidade de outorgas vigentes (85), com vazão média de 40.100, 33 (m³/ano), apresentando queda na vazão média de 8.407,64 (m³/ano), referente ao ano de 2021. A atividade econômica da agropecuária se destaca novamente com 47,05%, e os residenciais com 23,5% de outorgas vigentes. No ano de 2022 o saneamento apresentou 3,5%, outorgas de captação e tratamento para distribuição de água.

4.3 Dados da Sanepar

No decorrer da década, a quantidade de água tratada nas estações de tratamento da Sanepar supriu a demanda de água consumida, apresentando dois anos (2016 e 2017) críticos em relação à quantidade de água tratada com a quantidade de água consumida pela população do município de Cascavel, conforme Figura 15.

Figura 15 - Quantidade de água tratada e consumida (1000 m³/ano) no município de Cascavel entre os anos de 2013 a 2022



Fonte: SANEPAR, 2023

No ano de 2016 a quantidade total de água tratada foi de 14.783,90 (1000 m³) e a quantidade de água consumida pela população no ano foi de 14.764,59 (1000 m³), consumindo-se quase 100% da água tratada; o mesmo cenário permaneceu no ano de

2017 com a quantidade de água tratada de 14.992,82 (1000 m³) e a água consumida no ano num total de 15.103,57 (1000 m³).

No ano de 2018, 2019, 2020, 2021 e 2022 a quantidade de água tratada apresentou nestes períodos excedente nos reservatórios em relação a quantidade de água consumida, destacando-se o ano de 2022 com a maior quantidade de água tratada na década com um consumo da água tratada no ano de 85,3% restando 14,7% de água tratada nos reservatórios o que equivale a 2.208.82 (1000 m³).

A produção de água tratada por dia no mês de janeiro no ano de 2024 é de 91.579 m³, no município de Cascavel, e para esta produção diária são utilizados 16 poços artesianos com produção de 18.992 (m³/dia) representando 25% da produção diária de água tratada, e 75% da produção diária de água tratada é por captações de águas superficiais (Sanepar, 2024).

Dados de 2022 mostram que dos 129.853 domicílios permanentemente ocupados, 129.792 deles tem água canalizada (99,95%) e 129.848 tem esgotamento sanitário (99,99%) (IPARDES, 2025).

Em relação às medidas que estão sendo tomadas sobre o crescimento populacional e o abastecimento do município, de acordo com os ofícios encaminhados, a Sanepar está com investimentos em estudos e projetos, que visam soluções para ampliação dos sistemas de captação e tratamento da água e do esgoto, é o que consta no seu PPI (Plano Plurianual de Investimentos). Estão em andamento obras de ampliação do sistema distribuidor, com a implementação de um novo reservatório para distribuição e uma licitação de obra de mais um reservatório para distribuição. A Sanepar relata que, além dessas medidas, um novo projeto no sistema distribuidor está sendo contratado pela Sanepar no ano de 2024, e trará soluções na distribuição de água, ressalta ainda que equipes de engenharia da área operacional e de projetos revisam o sistema distribuidor constantemente buscando soluções para ampliação, e há equipes técnicas de monitoramento nas unidades com trabalho permanente na manutenção e na operação das unidades de distribuição.

Em épocas com grande precipitação pluviométrica o município pode ser afetado pela elevada turbidez de água *in natura* e a paralisação da captação por inundações nas instalações em razão da elevação no nível de água dos mananciais, afetando o abastecimento de maneira geral, pois apresenta a maior produção diária de água tratada

nas captações de águas superficiais, mesmo existindo 43% do consumo diário em reservatórios, o abastecimento é prejudicado em épocas com precipitações acima da média. Os projetos desenvolvidos em relação aos eventos climáticos de chuva extrema, avaliam as inundações dos terrenos para implementação de novas unidades buscando estruturar em terrenos protegidos da inundação, evitando prejuízos financeiros e de abastecimento.

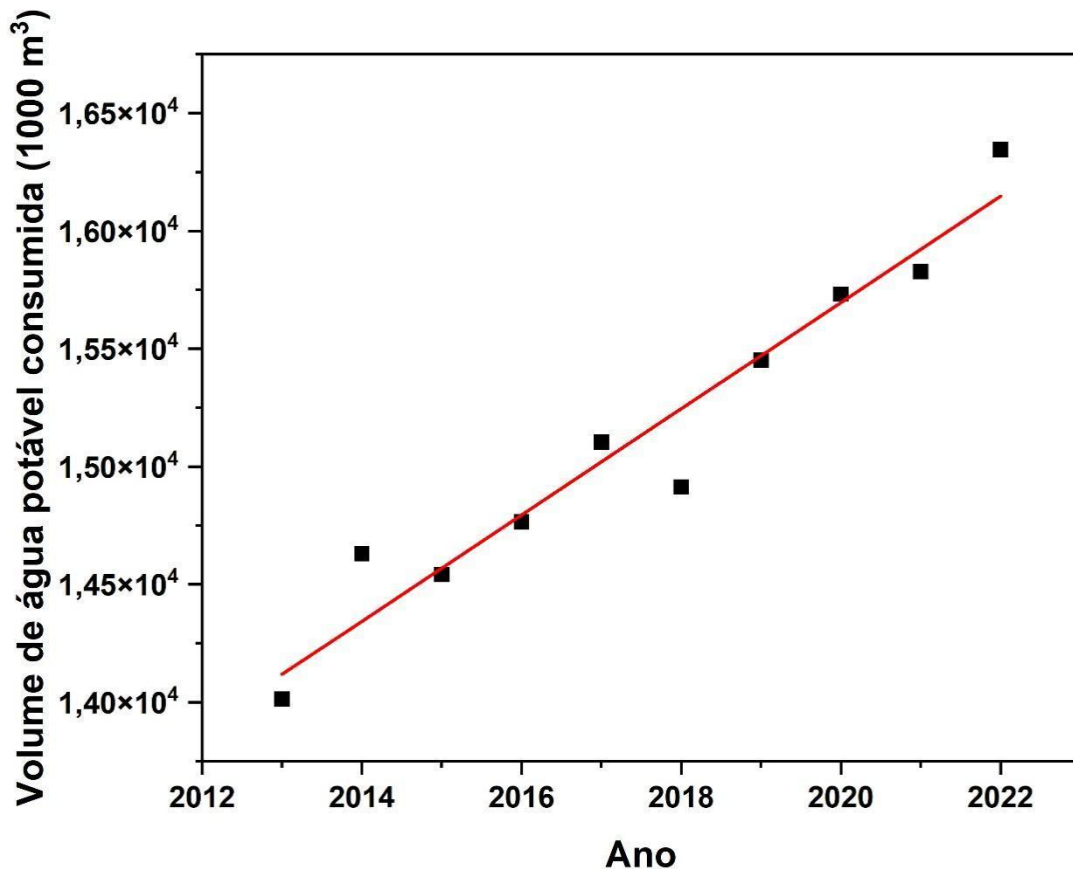
Em casos de estiagem, os mananciais são avaliados quanto ao tempo de recorrência variáveis e condições de continuar fornecendo a vazão necessária ou se deve buscar alternativas para manter o abastecimento em situações de seca.

A partir dessas avaliações uma investigação por bacia poderá ser feita para realizar ações que poderão propiciar uma maior resiliência hídrica.

4.3.1 Relação da água potável consumida com a população

Com os dados fornecidos de consumo de água potável e população verificou-se que é possível estabelecer correlação entre eles, que segue modelo linear de crescimento com equação da reta de $y = -4,39831 \times 10^5 + 225,5085x$, sendo y o volume de água potável consumido e x sendo o ano. O coeficiente de Pearson (r) é de 0,9702 indicando alta correlação entre os dados e o coeficiente de determinação (R^2) é de 0,9340, indicando o ajuste do modelo linear aos dados. Neste aspecto, a projeção por meio da equação da reta indica que no ano de 2030, mantida a tendência, o consumo de água potável em Cascavel será de 17.951,14 (1000 m³), aumento de 9,82% em relação ao ano de 2022 (Figura 16). Para comparação, o aumento no consumo entre os anos de 2013 e 2022 foi de 16,64%.

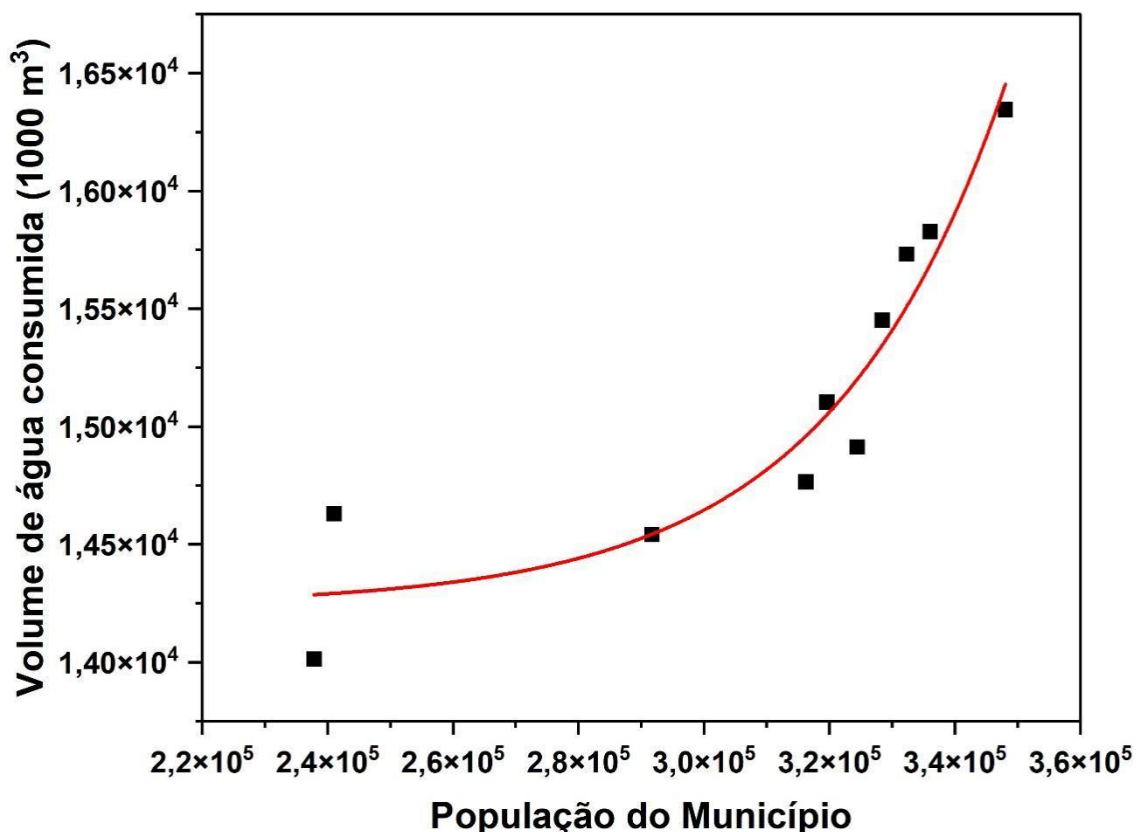
Figura 16 - Correlação entre volume de água potável consumido (1000 m³) pela população de Cascavel/PR no período estudado (2013-2022).



Fonte: SANEPAR, 2023

Utilizando os mesmos dados de consumo de água, obteve-se a correlação com a população, por meio de ajuste exponencial, que indica que houve aumento expressivo no volume de água consumido a partir de 2015. Em relação à população, houve aumento de 21,03% entre os anos de 2014-2015 e de 8,40% entre os anos de 2015-2016, enquanto no período entre 2016 a 2021, a taxa de aumento foi entre 1,06 a 1,52%, aumento para 3,57% entre 2021 e 2022 (Figura 17). A equação da curva é $\text{volume} = 14241,8124 + 0,18357 \cdot \exp((x-82688,74146)/28239,99946)$ com coeficiente de determinação de 0,8636.

Figura 17 - Gráfico exponencial para a correlação população e volume de água potável consumida (1000 m³).



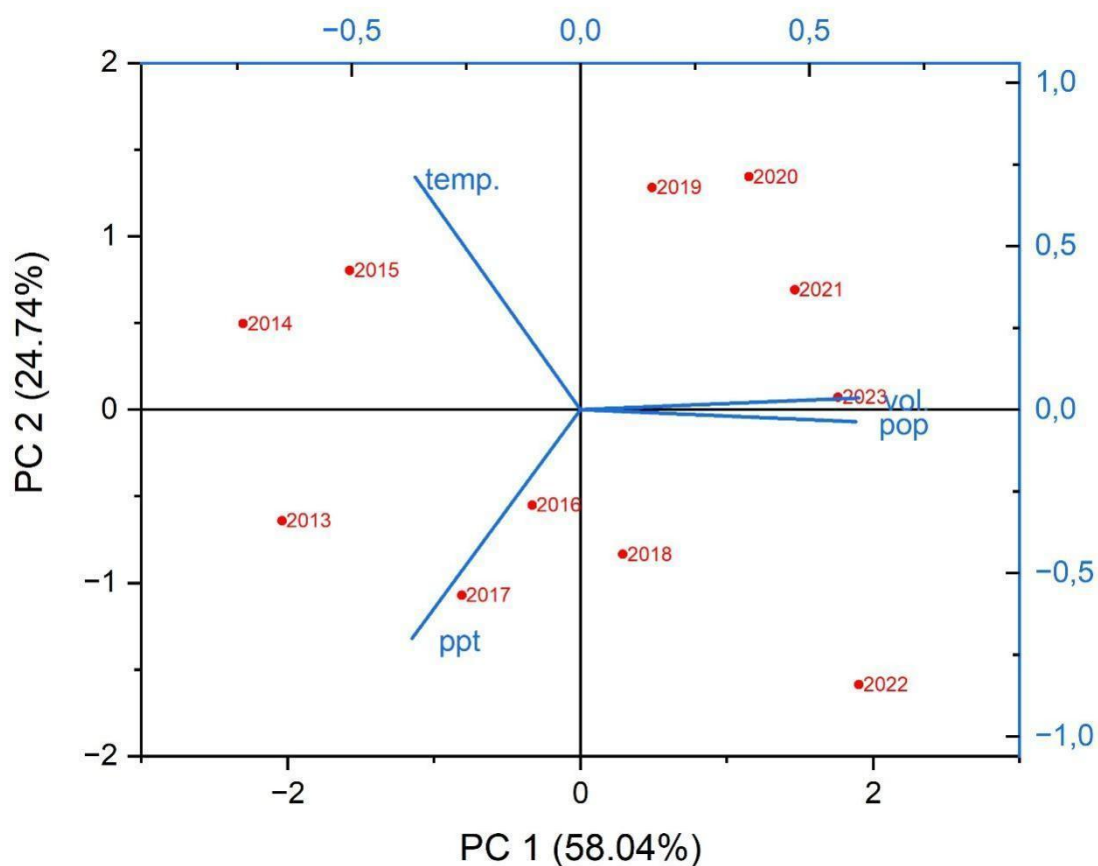
Fonte: SANEPAR, 2023

Com base nos dados dos anos analisados e nas variáveis de população, precipitação pluviométrica, volume de água potável consumida e temperatura média no município de Cascavel/PR, foi possível elaborar o gráfico de pontuação por meio da análise de Componentes Principais (PCA), utilizando o *software* Origin2024b®. Essa técnica permite a análise exploratória de múltiplas variáveis e sua representação em duas dimensões conforme apresentado na Figura 18, evidenciando a sua similaridade ou divergência entre os anos.

Os vetores (variáveis) população e consumo (vol) apresentam alta correlação pois o ângulo dos vetores se aproximam. Os anos 2019, 2020, 2021 e 2023 são os anos com menor taxa de precipitação e nos quais o consumo (vol) foi fator importante, juntamente

com o fator populacional, comprovados com os dados da matriz de correlação entre volume e população de 0,8457. Os anos de 2014 e 2015 foram fortemente influenciados pela temperatura e os anos de 2013, 2016 e 2017 foram influenciados pela precipitação pluviométrica. A somatória dos componentes principais (PC1 e PC2) fornecem 70,89% de explicação dos dados obtidos.

Figura 18 - Gráfico de pontuação (*score plots*) da Análise de Componentes Principais (PCA), com autoescalonamento e correlação. Em azul, são os vetores de cada variável inserida no software.



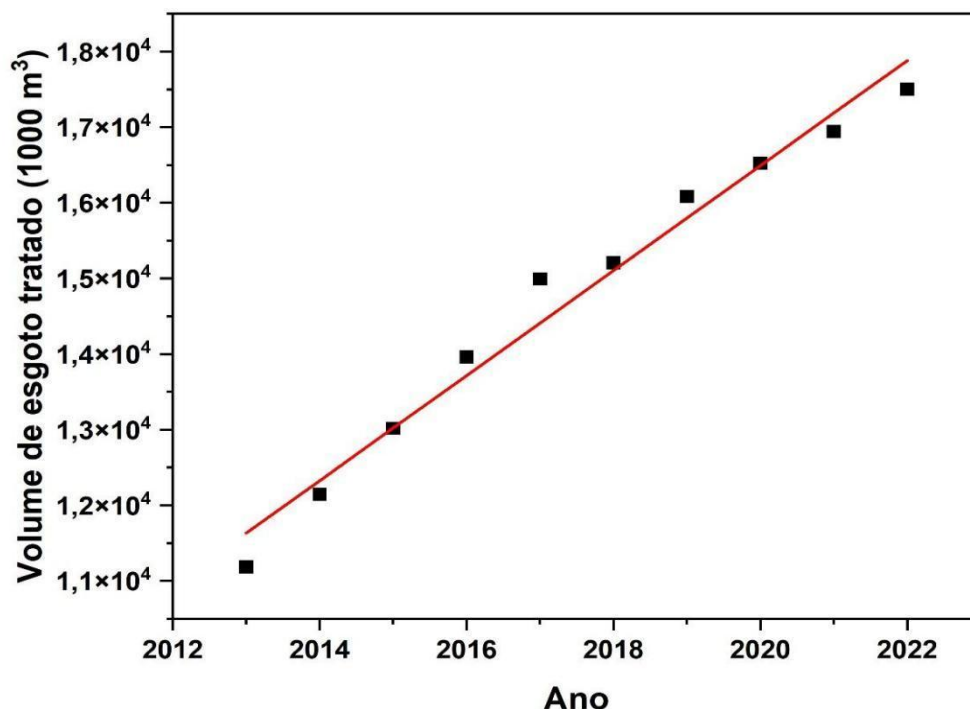
Fonte: OS AUTORES, 2024

4.3.2 Esgoto

Cascavel tem 4 Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) em operação, com 100% do esgoto coletado sendo tratado. Na estação Oeste, que lança os efluentes no Córrego Bezerra (bacia hidrográfica do Paraná 3) a vazão máxima de efluentes é de 336,81 m³/h,

a estação Leste lança no Córrego Acero (bacia hidrográfica do Piquiri) a vazão máxima de efluentes 713,07 m³/h, a estação Norte lança no rio das Antas (bacia hidrográfica do Paraná 3) a vazão máxima de efluentes de 540,00 m³/h, e estação sul lança no rio Cascavel (bacia hidrográfica do Iguaçu) a vazão máxima de efluentes de 832,86 m³/h, que é um dos principais pontos de captação para o abastecimento (Sanepar, 2023). A Figura 19 mostra a correlação entre os anos e o volume de esgoto coletado e tratado.

Figura 19 - Correlação entre os anos 2013 a 2022 e o volume de esgoto coletado (1000 m³) e tratado no município de Cascavel/PR.



Fonte: SANEPAR, 2023

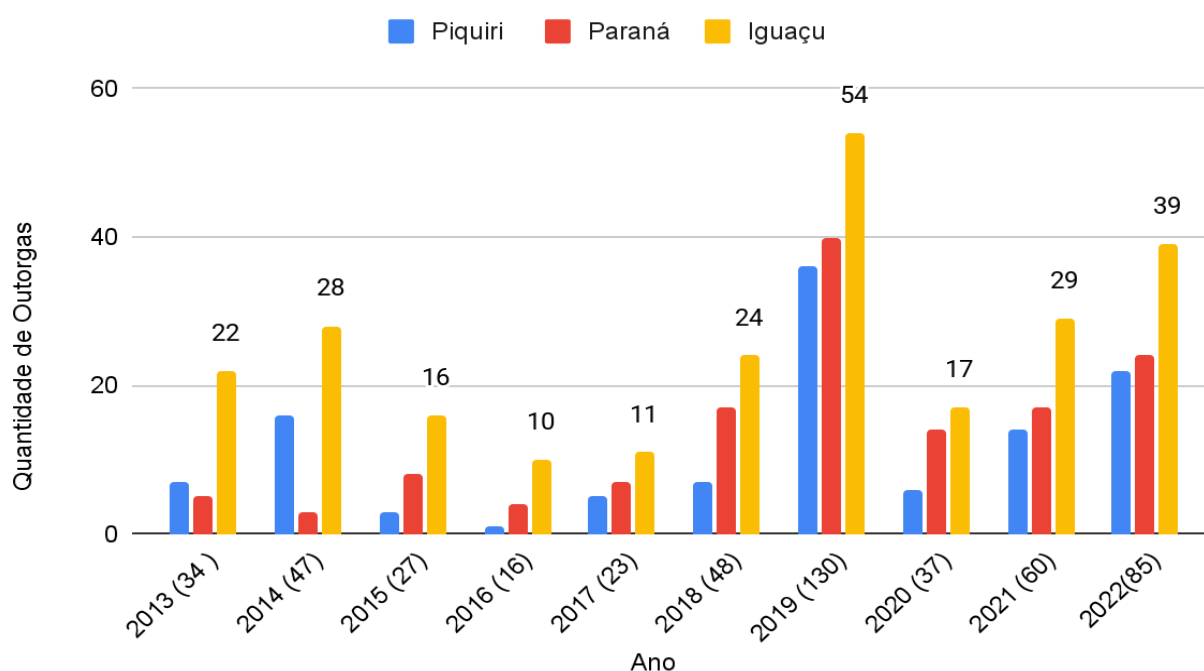
Pela Figura 19 verifica-se relação linear entre os anos e o volume de esgoto tratado, com equação da reta de $y = -1386157,34036 + 694,38097x$, com coeficiente de Pearson de 0,9885 e coeficiente de determinação (R^2) de 0,9743. A partir desta equação, é possível prever que a Sanepar terá que coletar e tratar 23.436,02874 (x1000 m³) em 2030, aumento de 33,88% em relação a 2022. Para comparação, entre 2013 a 2022, o aumento foi de 56,5%.

Estes modelos de correlação podem ajudar a entender cenários futuros e auxiliar gestores nas decisões envolvendo a logística de tratamentos de água e esgoto.

4.4 Demanda das águas subterrâneas das Bacias Hidrográficas

Constatou-se que a Bacia Hidrográfica do Rio Iguaçu é a mais utilizada no uso das águas subterrâneas (Figura 20).

Figura 20 - Relação do uso das bacias hidrográficas no município de Cascavel no período de 2013 a 2022



Fonte: IAT, 2023

Apresentando 49,3% das outorgas vigentes, a bacia hidrográfica do Iguaçu é a principal utilizada para todas as atividades econômicas, inclusive para o saneamento de captação e tratamento de água pela Sanepar.

O regimento interno das bacias hidrográficas do Iguaçu, instituído pelo Decreto Estadual nº 8.923, de 10 de setembro de 2013, tem por finalidade acompanhar o plano da bacia hidrográfica do Iguaçu, promovendo o debate de questões relacionadas aos recursos hídricos acompanhando sua atualização e determinando providências necessárias para os recursos hídricos. Este documento propõe Critérios e normas gerais

para a outorga de direito de uso dos recursos naturais, enviando às autoridades competentes o IAT (Comitê da bacia do baixo Iguaçu, 2014).

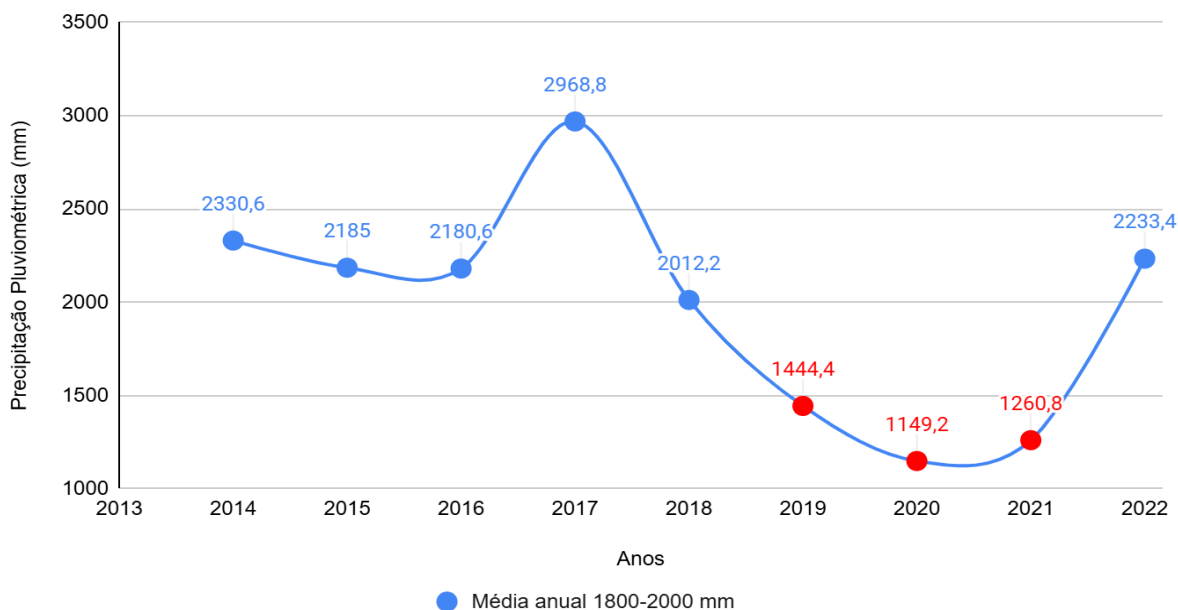
Não se tem informações no site do IAT sobre a elaboração do plano da bacia do Iguaçu, tornando o estudo da bacia do Iguaçu restrita em relação a informações de parâmetros de vazão que são utilizados na liberação das outorgas como parâmetros de captação de outorgas, parâmetros para lançamentos de efluentes, parâmetros de intervenções e obras, parâmetros de situações restritas e parâmetros de situação crítica. No monitoramento da qualidade de água do Estado do Paraná o índice da qualidade da água da bacia do rio Iguaçu apresenta condições de muito boa até poluída.

No site de monitoramento de índice da qualidade da água, não foram encontrados dados atualizados, apenas dados do ano de 2017. A inexistência de informações atualizadas sobre os recursos hídricos dificulta os estudos aprofundados na questão hídrica do município de Cascavel.

4.4 Precipitação no município

Em 2019, o Oeste do Paraná sofreu estiagem que durou 250 dias e Cascavel registrou precipitação anual abaixo da média, com 1444,4 mm e, no ano de 2020, a precipitação permaneceu também abaixo da média anual com 1149,2 mm (Figura 21), assim como 2021 (1260,8 mm). De acordo com o Atlas do Paraná, a precipitação média do município de Cascavel no ano é de 1800 - 2000 mm, sendo que para o cálculo desta média o Atlas do Paraná utilizou o período de 1977 a 2015 com dados de 446 estações, perfazendo 39 anos (Atlas clima do Paraná, 2019). Está precipitação abaixo da média no ano de 2019 pode explicar o número de outorgas concedidas no ano de 2019, que foi muito acima dos anos anteriores.

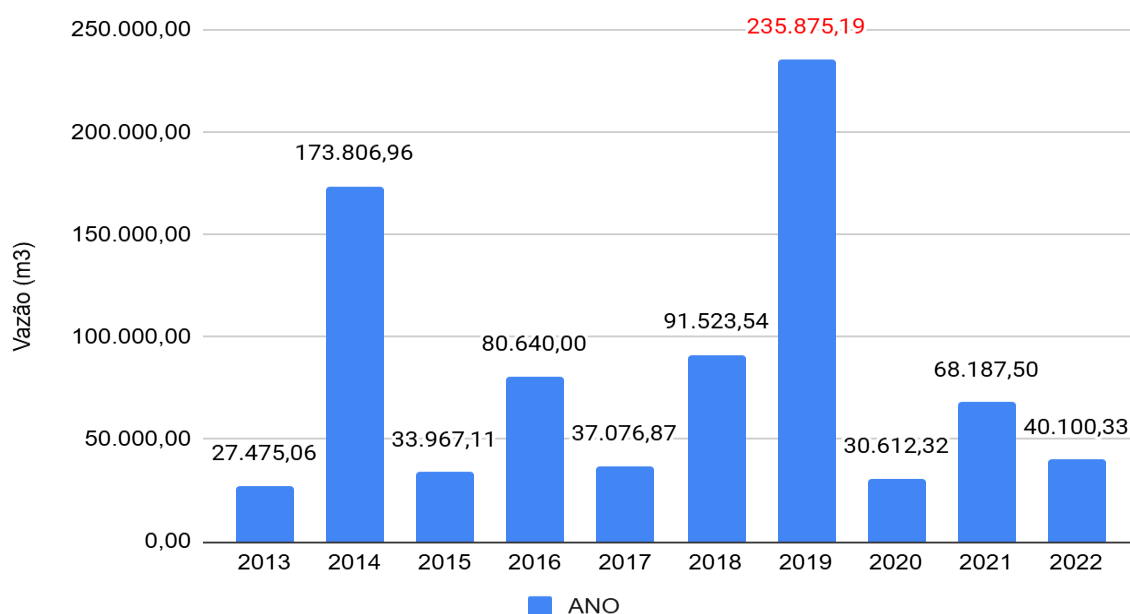
Figura 21 - Registro da precipitação pluviométrica no município de Cascavel no período de 2013 a 2022



Fonte: SIMEPAR, 2023

Em 2019, a vazão outorgável chegou a 235,875,19 m³, a maior registrada em uma década, como é possível detectar na Figura 22. Neste período, a Sanepar apresentou 17.491,16 (1000 m³) de água tratada com um consumo de 15.452,06 (1000 m³) anual.

Figura 22 - Vazão outorgável vigente em m³ no período de 2013 a 2022



Fonte: IAT, 2023

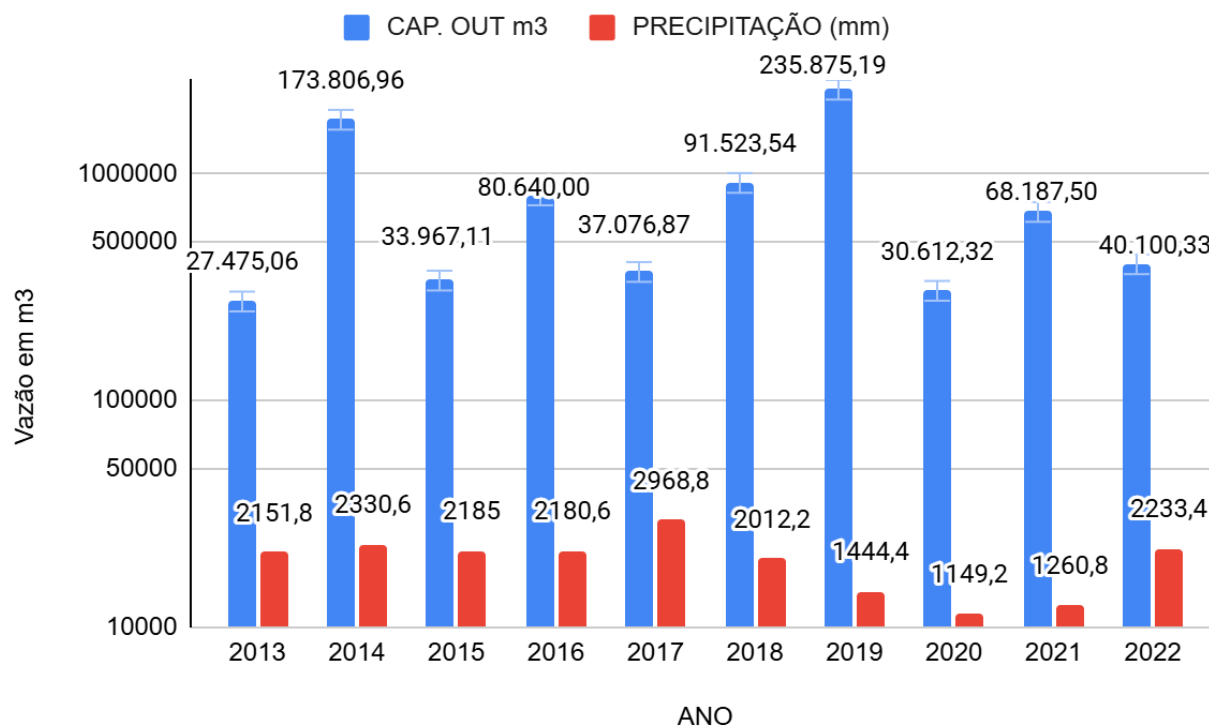
Comparando-se a liberação de outorgas com a precipitação registrada em cada ano, nota-se o declínio na precipitação no período de 2019 a 2021, sendo que o ano de 2019 apresentou a maior captação durante o período estudado, e consequentemente ocorreu o aumento de outorgas para atender as atividades agrícolas e industriais com o avanço populacional (Figura 23).

No ano de 2017 registrou-se a maior precipitação da década, com 2968,8 (mm), com a vazão outorgável média anual de 37.076,87 (m³), consumido no ano 14.992,82 (1000 m³) de água tratada com uma população de 319.576 habitantes.

Em 2020, a vazão outorgável média no ano foi de 30.612,32 (m³), atendendo uma população de 332.299 habitantes, consumindo 15.828,03 (1000 m³) de água tratada registrando uma precipitação abaixo da média com 1149,2 (mm), apresentando uma vazão menor que no ano de 2017, o que pode estar relacionado com a baixa precipitação, sendo que as águas subterrâneas são recarregadas no ciclo hidrológico da água.

No ano de 2022, a precipitação volta a ter um aumento significativo com 1084,2 (mm) a mais que no ano de 2020, totalizando uma precipitação de 2233,4 mm no ano de 2022, consumindo 16.345,41 (1000 m³) de água tratada, com sobra nos reservatórios da Sanepar, de 14,7% de água tratada disponível, com a vazão outorgável média no ano de 40.100,33 m³. O setor agropecuário novamente lidera as atividades econômicas no ano de 2022, com 47% das outorgas vigentes, e com 3,5% de outorgas de saneamento.

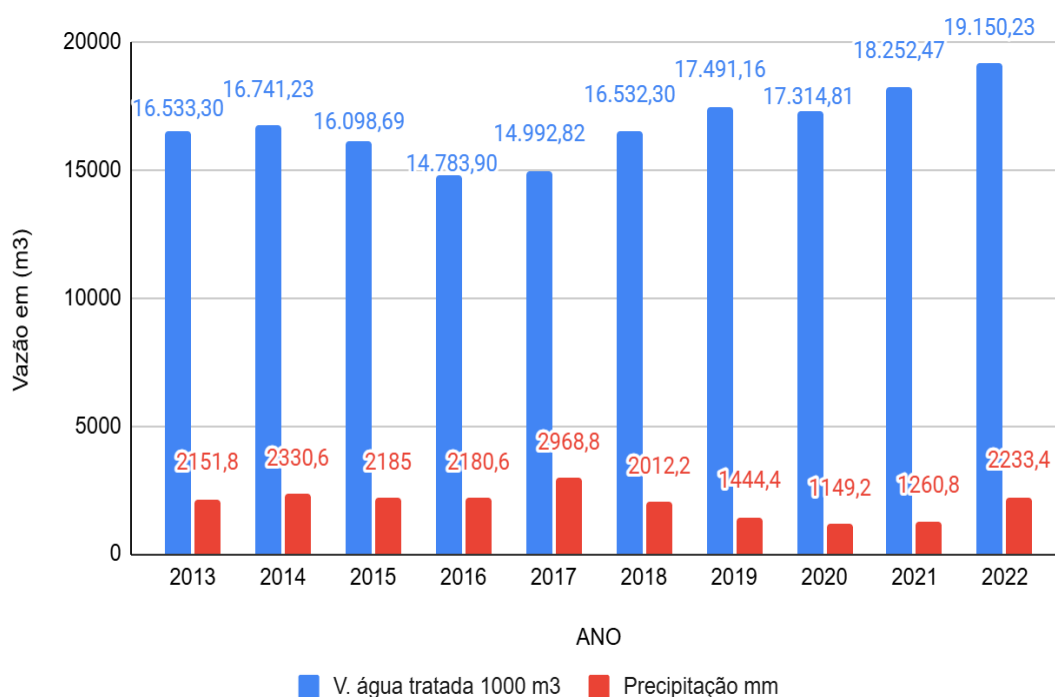
Figura 23 - Relação da captação outorgável com a precipitação entre os anos de 2013 a 2022 no município de Cascavel.



Fonte: IAT, 2023/SIMEPAR, 2023

O volume de água tratada pela Sanepar manteve-se atendendo a população nos períodos mais críticos de precipitação durante a década, mesmo no ano de 2019 com a menor precipitação, a Sanepar abasteceu o município garantindo o saneamento para a população (Figura 24).

Figura 24 - Relação do volume de água tratada (m³) pela companhia de saneamento com a precipitação (mm) no período de 2013 a 2022.



Fonte: SIMEPAR, 2023/SANEPAR, 2023

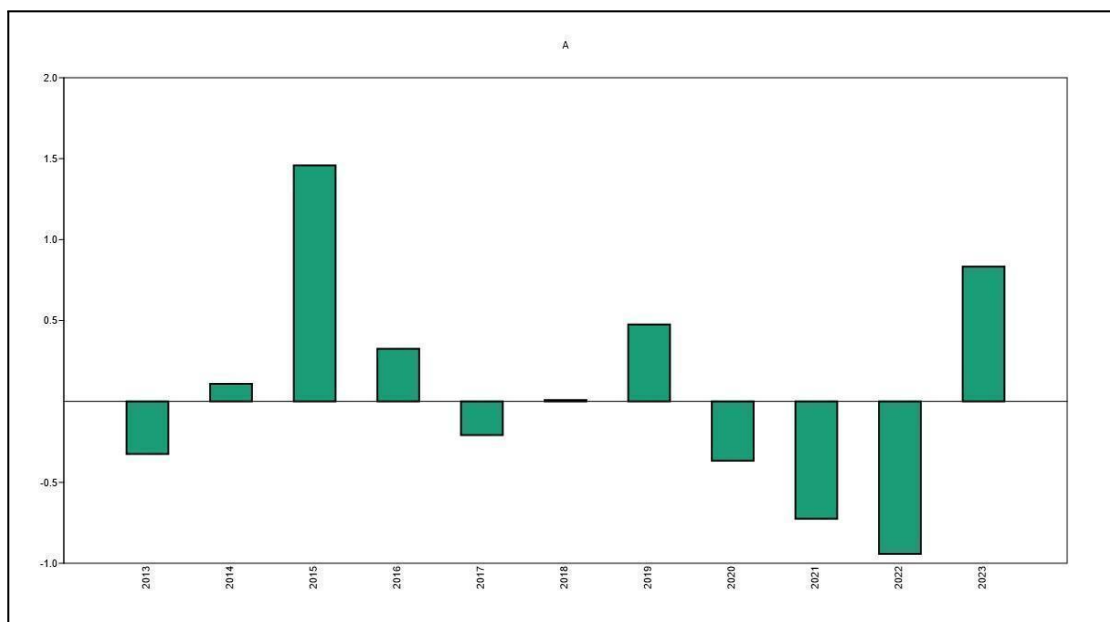
A Sanepar, no ano de 2016 e 2018, investiu em reservatórios com capacidade de 5.000 m³ de armazenamento, para atender a população nas regiões Norte-Centro, região Leste e região Central. No ano de 2018, a Sanepar ampliou o sistema de captação o que garantiu o seu abastecimento em um ano atípico de mudança climática com baixa precipitação, informações estas fornecidas via ofício da Sanepar (Sanepar, 2023).

Em 2015, com alta anomalia positiva, efeito de El Niño forte, houve 12 meses de alta acima de $\pm 0,5$ °C nas médias, enquanto anomalias negativas, efeito de La Niña, houve cinco meses de baixa de $\pm 0,5$ °C nas médias em 2020; dez meses em 2021 e doze meses em 2022. Em 2023 foram oito meses de anomalia positiva e um mês de anomalia negativa. El Niño provoca aumento de chuvas no Sul do Brasil, enquanto La Niña causa diminuição de chuvas.

A Figura 25 apresenta as anomalias médias anuais de períodos quentes (positivas) e períodos frios (negativas) nas temperaturas médias globais ao longo dos anos de 2013 a 2023, a partir da média de 3 meses das anomalias na região do El Niño (5°N-5°S,

120°-170°W)], em relação a períodos-base de 30 anos centralizados e atualizados a cada 5 anos.

Figura 25 - Anomalias médias anuais de períodos quentes (positivas) e períodos frios (negativas) nas temperaturas médias globais ao longo dos anos de 2013 a 2023



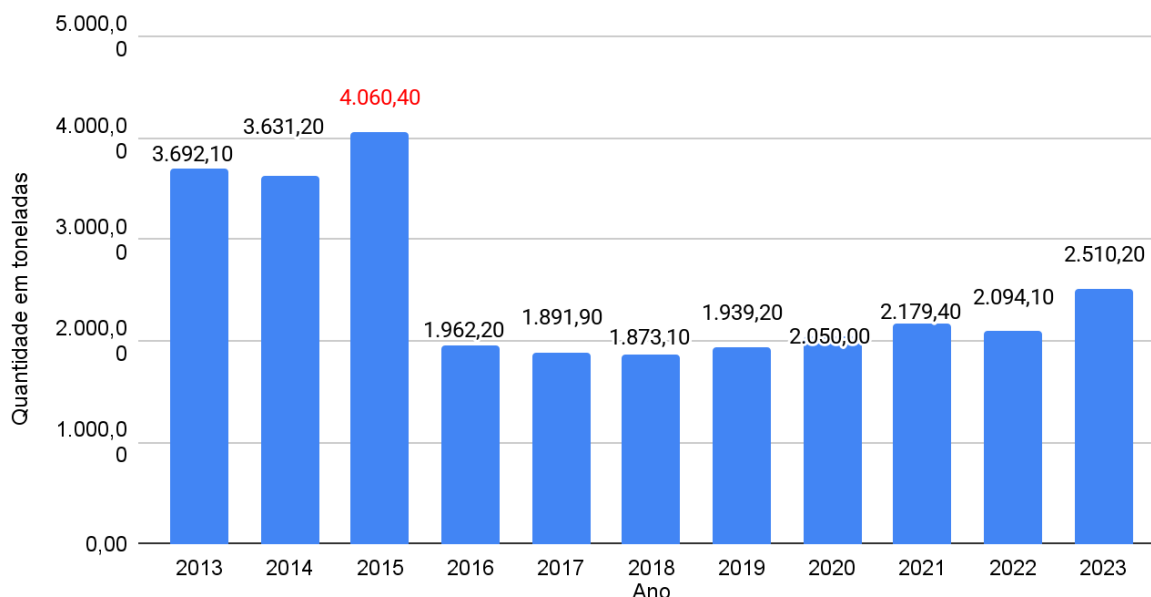
Fonte: NOAA, 2025

(https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php)

4.5 Agrotóxicos liberados no município

Cascavel é uma região de agricultura e pecuária diversificada, sendo as principais atividades que impulsionam o setor econômico do município. Dados obtidos da ADAPAR (Agência de Defesa Agropecuária do Paraná), traz o relatório temporal do uso de agrotóxicos comercializados legalmente no município de Cascavel, em toneladas (Figura 26).

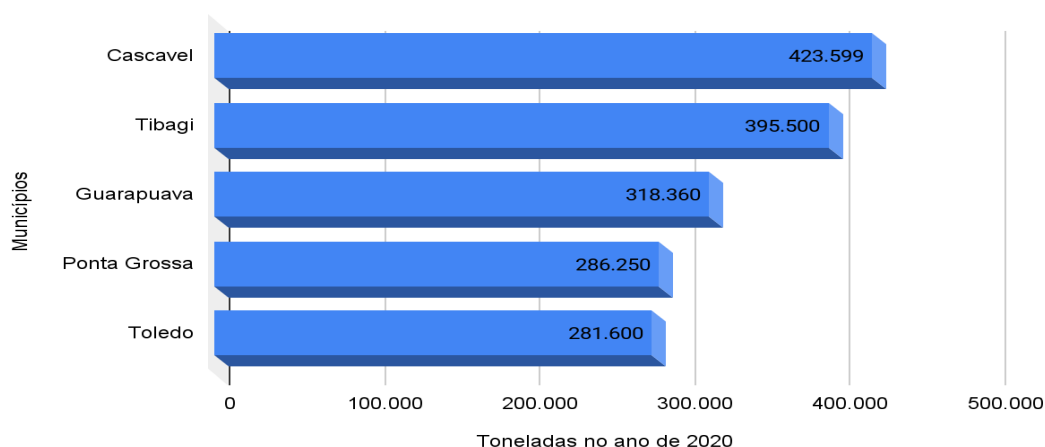
Figura 26 - Quantidade total de Agrotóxicos comercializados legalmente no Município de Cascavel no período de 2013 a 2023, em toneladas.



Fonte: ADAPAR, 2023

No ano de 2015, com safra colhida de 383.318 toneladas ocupando a área de 104.870 hectares, Cascavel apresentou o maior consumo de agrotóxicos durante a década, destacando-se no ano de 2020 como o principal produtor de soja do estado do Paraná (Figura 27). No ano seguinte de 2016 apresentou uma área maior com 109.400 hectares com uma produção de soja de 390.858 toneladas, mas reduziu-se significativamente a quantidade de agrotóxicos utilizados no ano conforme demonstra a Figura 26 (ADAPAR, 2023). Esta queda ainda não pode ser explicada por este trabalho. Como informação adicional, em 2024 foram comercializadas 2.678,6 toneladas.

Figura 27 - Os cinco Municípios que mais produzem soja no estado do Paraná no ano de 2020



Fonte: IBGE, 2020

Esta alta quantidade de agrotóxicos liberados nas culturas plantadas pode contaminar as águas superficiais e as águas subterrâneas pela lixiviação. A soja convencional lidera como a cultura mais cultivada em uma década no estado do Paraná, em segundo está o milho (Tabela 1), uma cultura versátil e estratégica do agronegócio.

Tabela 1 - As principais culturas do estado do Paraná (%)

Ano	Soja Convencional.	Soja Transgênico.	Milho	Trigo
2013	53,9%	3,6%	19,7%	7,7%
2014	44,4%	1,7%	18,0%	11,6%
2015	47,5%	1,5%	16,6%	10,3%
2016	50,6%	4,6%	19,6%	8,7%
2017	52,2%	4,6%	18,3%	8,3%
2018	56,9%	3,5%	17,3%	9,1%
2019	53,2%	6,6%	17,3%	9,0%
2020	50,5%	7,3%	18,4%	9,0%
2021	51,1%	6,2%	19,4%	9,0%
2022	46,9%	5,7%	22,8%	10,4%

Fonte: ADAPAR, 2023

Os agrotóxicos são substâncias sintéticas e solúveis em água, produzidas com a finalidade de prevenir e de exterminar pragas na agricultura e na pecuária com o objetivo

de diminuir o prejuízo que é causado com a infestação de pragas na produção, tornando-os assim essenciais para ter alta produtividade (Barboza *et al.*, 2018).

O herbicida Glifosato (e suas variações químicas) é o mais consumido na produção agrícola, por ser sistêmico, e não seletivo, sua ação é de inibir o crescimento da planta invasora, amplamente utilizado em vários cultivos, para limpeza da área como dessecante de algumas culturas principalmente a soja (Machado, 2016).

Com isso, a preocupação com o resíduo do Glifosato nas águas subterrâneas aumenta, devido ao risco para o meio ambiente.

4.6 Índice de Qualidade das Águas (IQA)

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) é extremamente importante no acompanhamento das influências naturais e antropogênicas nas águas e serve para a classificação dos rios quanto ao seu uso.

O IQA é composto por nove parâmetros: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, potencial hidrogeniônico (pH), demanda bioquímica do oxigênio (DBO₅), temperatura da água, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e resíduos totais, que avaliam a contaminação ou degradação de cursos d'água provocados por esgotos domésticos e industriais, lixiviação de fertilizantes, desmatamento, entre outros. O IQA apresenta limitações quando está relacionado com detecção de resíduos químicos como metais pesados, pesticidas e compostos orgânicos no índice de qualidade das águas (ANA, 2004).

A inexistência de parâmetros para detecção de resíduos químicos pode comprometer não apenas as águas superficiais, mas a contaminação irreversível de águas subterrâneas. Um sistema compartilhado e atualizado com as áreas de risco de contaminantes de metais pesados iria favorecer as gestões públicas para elaborar seus planos de recursos hídricos.

No site de Monitoramento de qualidade do estado do Paraná, <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Monitoramento-da-Qualidade-das-Aguas> as bacias que estão presentes no município de Cascavel no decorrer de sua extensão apresentam áreas classificadas como poluídas (>0,80), medianamente poluída (>0,60 a 0,80), pouco poluída (>0,40 a 0,60), boa (>0,20 a 0,40) e muito boa (<0,20), o IQA utiliza para a classificação a presença de contaminantes proveniente do lançamento de esgoto doméstico,

apresentando limitações não informando quais poluentes estão presentes no índice de qualidade da água, e não considerando parâmetros importantes como metais pesados, pesticidas e compostos orgânicos.

A bacia hidrográfica do Paraná 3 apresenta área poluída no município de Toledo no rio Arroio Toledo que faz divisa com Cascavel, não trazendo informações de quais contaminantes estão presentes e se este índice do IQA é atualizado do ano de 2023, não apresenta no mapa da bacia do Paraná 3 índices de qualidade de água de muito boa em nenhuma área de sua extensão (Monitoramento da Qualidade da água no Estado do Paraná, 2017).

No site do IAT se encontra o plano da bacia hidrográfica do Paraná 3 com o diagnóstico da qualidade de água da bacia utilizando 25 estações de monitoramento de qualidade da água com informações de um recorte temporal de 2011 a 2014, com dois parâmetros de índice de qualidade: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5) e Fósforo (P), sendo estes os parâmetros utilizados para a atualização do enquadramento da bacia hidrográfica do Paraná 3, com índice de DBO_5 com 2 mg L^{-1} dentro do limite estabelecido pelo Conama 357/05 para rios de classe 1 que é de 3 mg L^{-1} e o índice de Fósforo que foi de $0,10 \text{ mg L}^{-1}$ no diagnóstico apresentando-se acima do estabelecido para rios de classe 2 que é de $0,30 \text{ mg L}^{-1}$ em ambientes lênticos e de até $0,050 \text{ mg L}^{-1}$ em ambientes intermediários. Esta atualização do índice de qualidade de água do Paraná 3 ocorreu no ano de 2016, e não apresenta atualizações recentes, evidenciando novamente a falta de informações atualizadas sobre os recursos hídricos.

A bacia hidrográfica do Iguaçu que apresentou a maior quantidade de outorgas vigentes no período estudado contém áreas poluídas em municípios distantes de Cascavel, não apresentando também na bacia hidrográfica do Iguaçu áreas no município de Cascavel com índice de muito boa. A bacia do Iguaçu está presente no rio Cascavel sendo este utilizado para o abastecimento do saneamento do município de Cascavel. No momento dos levantamentos de informações a bacia hidrográfica do Iguaçu não tem formulação do plano da bacia hidrográfica limitando algumas informações.

Já a bacia hidrográfica do Piquiri não apresenta áreas poluídas, mas sim índices de 0,57 de contaminantes no município de Campina da lagoa que fica a 111 km de distância de Cascavel, não apresentando áreas de muito boa como no município de Altamira do Paraná com índice de 0,17 de contaminantes, não constando no site do IAT o plano da bacia hidrográfica do Piquiri.

4.7 A Matriz SWOT/FOFA como ferramenta no planejamento do uso de recursos hídricos

As informações obtidas da análise documental em relação à questão hídrica permitiram construir a Matriz SWOT/FOFA, visando avaliar o cenário atual e possibilitando o planejamento futuro de ações nesta questão. A Figura 28 apresenta os principais pontos destacados nos itens da matriz SWOT/FOFA: Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças.

Figura 28 - Análise da Matriz SWOT/FOFA para a questão de recursos hídricos no município de Cascavel/PR .



Fonte: Os autores, 2025

Há um destaque dos recursos naturais no indicador de **forças**, por ser uma região composta por três bacias hidrográficas e conter aquífero fissural, armazenando grandes volumes de água subterrânea. Além disso, a legislação federal fixou normas legais importantes para a preservação dos recursos hídricos juntamente com o Estado e Município. Outra força envolve a gestão das bacias hidrográficas são realizadas por meio do Comitê das bacias Hidrográficas, composta por representantes da sociedade civil, usuários das águas e poder público espaço em que representantes desta comunidade que está inserida em uma bacia hidrográfica discutem e deliberam a respeito da gestão dos recursos hídricos compartilhando responsabilidades.

A análise da Matriz SWOT mostra que as **fraquezas** encontradas no estudo, como ausência do monitoramento da qualidade da água e informações desatualizadas, requerem um aprimoramento do setor administrativo dos recursos hídricos com planejamentos estratégicos acompanhando constantemente estes indicadores. Os órgãos de controle de outorgas não conseguem de forma eficiente fiscalizar a demanda do uso dos recursos hídricos, pois o setor é sobrecarregado com outras funções, sendo impossível a fiscalização de todos os processos de andamento e validade das outorgas hídricas. A ocupação inadequada de solos pode ocasionar riscos para as águas subterrâneas com contaminações de microrganismos e de resíduos químicos, com isso algumas regiões se tornam inadequadas para o consumo, uma fraqueza que pode ser revertida com estudo de políticas públicas adequadas na urbanização do município.

O indicador de **oportunidades** comporta ações que podem ser capitalizadas, a partir da constatação das fraquezas. Estas ações oportunizam melhorias na gestão e qualidade de recursos hídricos no município. Estas ações podem englobar a) o reuso das águas: reutilizar águas que se submetam ao processo de purificação com o uso racional ou eficiente da água, o qual compreende também o controle de perdas e desperdícios, e a minimização da produção de efluentes e do consumo de água.

Apesar de alguns aspectos tecnológicos, regulatórios e de engajamento público devam ainda ser considerados, Mota (2022) indica que no Brasil as possibilidades são inúmeras e incluem Reuso industrial (uso em lavagem de peças e espaços, sistemas de resfriamento etc), Reuso urbano (irrigação paisagística, construção civil, combate a incêndios, em edificações como aproveitamento de águas cinzas etc), Reuso em irrigação (locais onde a oferta de água não é suficiente ou em épocas de estiagem), Reuso em

piscicultura. Segundo o autor “Há necessidade de que sejam criados mecanismos para incentivar a prática de reúso planejado no Brasil, recomendando-se que sejam ampliados os usos de esgotos domésticos tratados para fins industriais e urbanos [...]”

A Educação Ambiental trata sobre

a realidade global que cerca a questão do ambiente e sobre a tomada de consciência dos atores envolvidos (indivíduos, comunidade e instituições, governamentais ou não) a este respeito (LINDINO, 2015).

É a partir dela que se consegue o conhecimento as atitudes e as habilidades necessárias à preservação do meio ambiente, fazendo com que as ações ambientais sejam efetivamente colocadas em prática, minimizando os problemas nos ecossistemas.

Ações ambientais no sentido de preservar recursos naturais ou mitigar efeitos desastrosos antropogênicos somente são efetivos se houver monitoramento contínuo de diversos parâmetros físico-químicos e microbiológicos por meio de instrumentos analíticos de medição contínua, *in situ* e com acompanhamento dos dados por parte de especialistas. Sensores de baixo custo, com algoritmos de aprendizado de máquinas (*machine learning*) e transmissão remota de dados, um conceito de cidades inteligentes (*Smart Cities*) são oportunidades extraordinárias.

O Plano Diretor Ambiental é uma ferramenta de gestão que possibilita ao município controlar o território, aplicando-se às estratégias da recuperação múltipla dos recursos hídricos. É o instrumento que tem como objetivo o desenvolvimento sustentável da cidade e a inclusão social, sendo possível planejar o futuro, com um diagnóstico inteligente, situando claramente as questões ambientais e suas articulações com as atividades sociais e econômicas, orientando os Municípios no desenvolvimento, implantando de ações e políticas sustentáveis (Rosa, 2018).

As **ameaças** envolvem fatores externos cujo controle por parte de instituições, organizações e indivíduos é limitado, sendo necessário monitoramento e estabelecimento de barreiras para minimizar seu impacto negativo sobre as atividades dele.

As mudanças climáticas são uma ameaça, pois depende de fatores complexos com consequências globais que afetam também os recursos hídricos. De acordo com o 6º relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022),

estima-se que as atividades humanas tenham causado aproximadamente 1,0°C de aquecimento global acima dos níveis pré-industriais, com uma variação provável de 0,8°C a 1,2°C. Na taxa atual, o aquecimento global atingirá 1,5°C (confiança alta¹), entre os anos de 2030 e 2052. Este aumento é sem precedentes nos últimos 2.000 anos e modelos de simulação mostram a contribuição humana à esta mudança havendo convergência estatística entre os modelos e os dados experimentais

As emissões antrópicas do período pré-industrial até o presente persistirão por séculos a milênios e continuarão a causar mais mudanças em longo prazo no sistema climático, sendo que os modelos projetam aumentos na temperatura média na maioria das regiões terrestres e oceânicas (alta confiança), extremos quentes na maioria das regiões habitadas (alta confiança), precipitação intensa em várias regiões (confiança média²) e probabilidade de seca e déficits de precipitação em algumas regiões (média confiança) (Tonetto, 2020; IPCC, 2022).

Os últimos relatórios do IPPC trazem à tona que não se pode mais somente considerar o termo mudança climática (modificações lentas, de médio e longo prazos, com possibilidade de reversão), mas de emergência climática (estado de crise, eventos extremos, curto prazos de alterações e de tomada de decisões).

O crescimento populacional por si só pode agravar a escassez de recursos hídricos, não aumento no consumo per capita, como pelo aumento no consumo devido à necessidade maior de serviços hídricos, associado ao crescimento econômico (PIB), com aumento na demanda industrial, agropecuária e de serviços.

A ausência de fiscalização dos órgãos ambientais ou leniência do Poder Público é um fator que pode negligenciar problemas ambientais ou facilitar ações de especulação imobiliária que tendem a não respeitar leis ambientais ou usar artifícios para aprovações de novos loteamentos em locais com ecossistemas fragilizados.

Uma vez que a determinação de espécies químicas poluidoras como agrotóxicos, resíduos de medicamentos e produtos de higiene pessoal, os contaminantes emergentes, são de certo modo invisíveis a olho nu, não são removidos totalmente por meio dos tratamentos de água e esgoto convencionais e não são monitorados com a frequência necessária, estes se tornam ameaça difícil de se precaver.

¹ Alta confiança: probabilidade de 8 em 10 chances de ocorrência.

² Média confiança: probabilidade de 5 em 10 chances de ocorrência.

A matriz SWOT/FOFA faz um diagnóstico que possibilita questionamentos e a detecção de problemas na gestão hídrica. Em seguida, é necessário elaborar planos de ação com objetivos, estratégias, metas, definindo o responsável para cada ação. O Quadro 1 apresenta uma proposta de planos de ação a partir da matriz SWOT/FOFA. A partir de cada plano de ação, deve haver a elaboração de protocolos de procedimentos mais detalhados para a concretização destes.

Quadro 1 - Planos de ação para os recursos hídricos a partir da análise da matriz SWOT

AÇÃO (O QUÊ?)	OBJETIVO (POR QUÊ?)	ESTRATÉGIAS (COMO?)	META (MÉTRICA)	RESPONSÁVEL (QUEM?)
Implantar sistemas de monitoramento contínuo da qualidade da água de baixo custo	Obter dados em tempo real das alterações físico-químicas da água	Firmar parcerias com Universidades, centro de pesquisa e startups	Implantar dois sistemas de monitoramento até 2030	IAT, Prefeitura do Município
Implantar sistemas de reuso de água nos edifícios públicos do município	Diminuir a demanda de água limpa; reduzir os custos; servir como exemplo ambiental	Construir sistemas de pequeno e médio porte de reuso da água nos edifícios	Implantar pelo menos dois protótipos até 2030; implantar dez protótipos até 2035	Prefeitura do Município; CREA; Associação de Engenheiros e Arquitetos
Educação Ambiental	Desenvolver habilidades e conhecimentos em questões ambientais	Oficinas de educação ambiental formal (Educação Básica); informal (associações de moradores, entidades religiosas) e não formal (palestras, show de ciências em praças); cursos de qualificação de servidores municipais	Oferecer pelo menos duas oficinas anuais; dois cursos de capacitação ao ano; duas atividades informais ao ano	Prefeitura do Município; Universidades;
Elaborar Plano Diretor Ambiental (PDA)	Propiciar a implementação de diretrizes ambientais no Plano Diretor do Município	Treinamento de servidores e legisladores no PDA; Incorporar a discussão	Na elaboração ou revisão do Plano diretor Municipal	Prefeitura do Município; Câmara de Vereadores

		do PDA no Plano Diretor do Município		
--	--	---	--	--

Fonte: OS AUTORES, 2025

A matriz SWOT/FOFA e os planos de ação fazem parte do planejamento estratégico, cujo principal objetivo é estabelecer a visão de curto, médio e longo prazos em uma organização (como o município), no caso deste trabalho, ambiental. O planejamento estratégico permite que metas sejam elaboradas, cumpridas e avaliadas continuamente tornando a questão ambiental um assunto permanente e inserido no cotidiano do Município.

Todo planejamento estratégico só será bem-sucedido se os indivíduos estiverem envolvidos e entenderem a importância de sua participação para o sucesso coletivo.

5. CONCLUSÃO

Conclui-se com os levantamentos dos documentos do município de Cascavel, que a sua disponibilidade hídrica em anos atípicos com baixa precipitação é vulnerável e que, com o crescimento populacional, há também pressão exercida na bacia hidrográfica do rio Iguaçu com a quantidade de outorgas vigentes, sendo esta bacia a principal fonte de captação de água da Sanepar, o rio Cascavel. As enxurradas também ao longo da década trouxeram transtornos no abastecimento da população, sendo necessário analisar questões de área para novas implementações de captações de água para o abastecimento. A agropecuária foi a atividade que mais procurou a liberação de outorgas em águas subterrâneas e em águas superficiais, em anos com baixa precipitação para manter a sua produtividade.

Com esta análise temporal, foi possível identificar que o clima é o principal fator que afeta o abastecimento de água. O aumento da vazão das outorgas vigentes em anos com precipitações abaixo da média indica que o município não está preparado para anos consecutivos de seca, e consequentemente a falta de abastecimento pode ser preocupante. Por ser uma região produtiva de grãos também tem-se a preocupação da qualidade das águas subterrâneas e superficiais por resíduos químicos que podem chegar por meio das enxurradas e contaminação direta no manuseio destes produtos, mas a falta de informações e atualizações pode comprometer a qualidade de água das bacias hidrográficas.

Embora todos os levantamentos apontados no estudo sejam fundamentais para os recursos hídricos, a matriz SWOT/FOFA se destaca como sendo uma metodologia para

ser utilizada no plano de desenvolvimento do município, tendo uma visualização abrangente dos fatores que influenciam nos recursos hídricos, para o município de Cascavel alcançar o desenvolvimento sustentável.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Indicadores de qualidade:** índice de qualidade das águas (IQA). Portal da Qualidade das Águas, 2011. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 18 jan. 2018.

BACOVIS, T. M.; **Variação da Qualidade da Água na Sub-Bacia Hidrográfica do Alto Rio Iguaçu Entre 1987 e 2012.** Curitiba, 2015.

BABIKER, S.I.; MOHAMED, A.A.M.; HIYAMA, T.; KATO, K.; **A GIS -based DRASTIC modiciel for assessing aquifer vulnerability in Kakamigahara Heights, Gifu Prefecture, central Japan.** Science of the Total Environment, v.345, n.1,127-140, 2005

BAUMGARTNER, G., *et al.*; **Peixes do baixo rio Iguaçu.** Maringá, 2012.

BOFF, L.; **Sustentabilidade O que é – O que não é.** Rio de Janeiro, 2012.

BRASIL. **Lei Nº 12.651 de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, denominada popularmente de Novo Código Florestal Brasileiro.

BRASIL. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/** Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. **PORTARIA GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021.**

BRÜSEKE, F. J.; VIOLA, E.; FERREIRA, L. **Desestruturação e desenvolvimento. Incertezas de sustentabilidade na globalização.** Campinas: Unicamp, 1996.

CAMKIN, J.; NETO, S.; **What rights and whose responsibilities in water? Revisiting the purpose and reassessing the value of water services tariffs,** 2020.

CARNEVALLE, C. R.; (ed.). **Araribá mais Ciências.** São Paulo: Editora Moderna, 2018.

CARVALHO, D. W.; **Gestão jurídica ambiental.** São Paulo: Revista dos Tribunais, 2017.

CELLIGOI, A.; VIANNA, T. R.; **Análise das reservas de água subterrânea do aquífero Serra Geral em Londrina: Recarga e Consumo.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, XII., 2002. Florianópolis. Revista Águas Subterrâneas. São Paulo, 2002.

CORDOVA, F. D.; **Revisão da Ictiofauna da Bacia do Rio Iguaçu.** Reconhecendo a situação atual. Laranjeira do Sul, 2018.

COSTA, V. C.; AUGUSTO, A. S.; CASTRO, J. P.; MACHADO, R. C.; ANDRADE, D. F.; BABOS, D. V.; SPERANÇA, M. A.; GAMELA, R. R.; PEREIRA-FILHO, E. R. **Laser induced-breakdown spectroscopy (LIBS): histórico, fundamentos, aplicações e potencialidades.** Química Nova 2019, 42, 527.

Cuidando das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos / Agência Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.

ELGARAHY, A. M., *et al.* **A critical review of biosorption of dyes, heavy metals and metalloids from wastewater as an efficient and green process.** Jul, 2021.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: SPI, 2006.

FERRI, G. **A evolução e implementação dos ODS 13 (Ações contra a mudança global do clima) e o papel do Ministério Público.** Revista à Política Nacional de mudanças climáticas em ação. P. 51 – 72, 2021.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa.** Trad. Joice Elias Costa. 3. ed. Porto Alegre: Artmed. 2009.

FREITAS, V. A. M.; MOREIRA, H. A. S. **Importância da Água e da Informação Hidrológica.** In: **O Estado das Águas no Brasil.** Brasília: ANEEL e ANA, 1999.

GARCIA, A. N. E.; MORENO, C. A. D.; FERNANDES, V. L. A. **A importância da preservação e conservação das águas superficiais e subterrâneas: um panorama sobre escassez da água no Brasil.** XI Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 11, n. 6, p. 235-249, 2015.

GIAMPÁ, Q. E. C.; GONÇALVES, G. V. **Orientações para a utilização de Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo.** Setembro de 2005.

GRASSI, T. M. **As águas do planeta Terra.** Cadernos Temáticos de Química Ambiental. Química Nova na escola, n.º 1, maio, 2001.

HELDER, R. **Como fazer análise documental.** Porto, Universidade de Algarve. 2006.

HIRATA, R.C.A.; FERNANDES, A. J. **Vulnerabilidade à Poluição de Aquíferos.** In: Feitosa, C.A.F.; FILHO, M.J.; FEITOSA, C.E.; DEMETRIO, A.G.L. **Hidrologia: conceitos e aplicações**, 3ª edição. Rio de Janeiro, CPRM, 2008. p.812.

Hoekstra, A. Y., & Hung, P. Q.; **Virtual water trade. A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade.** Value of water research report series, 11, 166, 2002.

Indicadores de Qualidade - Índice de Qualidade das Águas (IQA). **Agência Nacional de Águas – ANA 2004.**

IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Caderno estatístico do município de Cascavel.** 2025.

IPCC. Assessment Report 6. Working Group 3. **Summary for Policymakers.** Disponível em <https://www.ipcc.ch/>. [Acesso em 25/04/2025.](#)

LASTORI, G. **Hidrogeologia da Formação Serra Geral no Estado de Mato Grosso do Sul**. Tese (Doutoramento em Geociências e Meio Ambiente). Instituto de Geociências e Ciências Exatas – IGCE – UNESP – Rio Claro, p.133, 2002.

LINDINO, C. A.; **A Ciência Química e a Emergência Climática**. PLEIADE (UNIAMÉRICA), v. 17, p. 41-49, 2023.

LINDINO, T. C. (Org.). **Educação Ambiental: outros discursos, distintos olhares**. Cascavel: Edunioeste, 2015.

MACHADO, S. J. C. **Recursos Hídricos e Cidadania no Brasil: Limites, Alternativas e Desafios**. Ambiente & Sociedade – Vol. VI nº. 2, junho, 2003.

MACHADO, J. L. F.; FREITAS, M. A. **Hidro química do Aquífero Serra Geral no Oeste de Santa Catarina**. *Águas Subterrâneas*. 2000.

MAGOSSI L. R.; BONACELLA, P.H. **Poluição das águas**. São Paulo: Moderna, 2013.

MANASSES, F.; FILHO, E. F. R.; BITTENCOURT, A. V. L.; **Estudo Hidrogeoquímico da Formação Serra Geral na Região Sudoeste do Estado do Paraná**. *Águas Subterrâneas*, v.21, n.02, p.49-58, 2007.

MATTOS, M. L. T. **Microbiologia do solo**. Cap. 8. Editora Cubo, 2015.

MILANI, E. J.; MELO, José H. G. de; SOUZA, Pedro A. de; FERNANDES, Luiz A.; FRANÇA, Almério B. **Bacia do Paraná**. *Boletim de Geociências da Petrobras*. Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 265-287, 2007.

MILLER, G. T.; **Ciência Ambiental**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

OLIC, N. B. **A questão da água no Brasil e no mundo**. *Revista Pangea Mundo*, 2002.

MOCELIN, C. P.; FERREIRA, F. J. F. **Conectividade e compartimentação dos sistemas aquíferos Serra Geral e Guarani no sudoeste do Paraná, Brasil**. *Revista Brasileira de Geociências*, Curitiba, v. 3, n. 39, 567-579, set. 2009.

MOTA, S. **Reuso de águas no Brasil: situação atual e perspectivas**. *Revista AIDIS*, vol. 15 (2), p. 666-684, 2022.

MULHER, L.; **Uso Eficiente da Água em Zonas Urbanas**. Universidade do Algarve -Portugal, 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA (UNESCO). **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**. 2017

Portaria MS no 2.914/2011 **Procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Brasília – DF, 2012.

PREFEITURA DE CASCAVEL-PR. **Mapas bacias hidrográficas**, 2016. Disponível em: <<https://cascavel.atende.net/#!/tipo/pagina/valor/9>> Acesso em: 25 jul. 2022.

RAMOS, C. Hidrogeografia: **Investigação em Dinâmica Litoral e Fluvial**. Lisboa: Centro de Estudos Geográficos. Universidade de Lisboa, 2005.

ROCHA, A. S.; BADE, M. R. **Geografia da Bacia Hidrográfica do Paraná 3: fragilidades e potencialidades socioeconômicas**. Jundiaí, SP: Ed. In House, 2018.

ROSA FILHO, E. F.; HINDI, E. C.; MANTOVANI, L. E.; BITTENCOURT, A. V. L. **A Importância do Sistema Aquífero Serra Geral para a Cultura da Soja no Estado do Paraná**. *Águas Subterrâneas*, v. 20, n. 2, p. 49-56, 2006.

RUDOLPH, D. L.; BARRY, D. A. J.; GOSS, M. J. **Contamination in Ontario farmstead domestic wells and its association with agriculture: 2. Results from multilevel monitoring well installations**. *Journal of Contaminant Hydrogeology*, 1998.

SANDRI, L, M., *et al.* **ÁREAS PERMEÁVEIS E O USO SUSTENTÁVEL DE RECURSOS HÍDRICOS EM CASCAVEL, PARANÁ, BRASIL**, 2021.

SÁ – SILVA, J.; ALMEIDA, C.; GUINDANI, J. 2009. **Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas**. *Revista Brasileira de História & Ciências Sociais*, São Leopoldo, ano. I, n.I, jul, 2009.

SCHEIBE, L. F.; HIRATA, R. **Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG) em Santa Catarina e os recursos hídricos da bacia do Rio do Peixe**. In: TREVISOL, J.V; SCHEIBE, L.F, (Orgs.). *Bacia hidrográfica do rio do Peixe: Natureza e sociedade*. Joaçaba: Unoesc, 2011. p. 57-80.

SEMA. **Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Bacias hidrográficas do Paraná: série histórica**. SEMA, Curitiba. 2015.

SOUZA, A.A; **Caracterização da Bacia do Rio Iguaçu, a Jusante do Município de reserva do Iguaçu, como Área de descarga do Aquífero Guarani**. Dissertação (Mestrado) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, 2004.

SOUZA, P. R.; COSMANN, J. N.; **Qualidade da Água de Fontes Instaladas no Município de Cascavel – PR**, 2017.

TOSIN, G. A. S.; **Caracterização física do uso e ocupação da bacia hidrográfica do rio Cascavel**. Cascavel, 2005.

VICTORINO, C. J. A.; **Planeta água morrendo de sede**. EDIPUCRS. Porto Alegre, 2007.

VIEIRA, R. F.; **Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas**. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

WELZER, H.; **A guerra da água. Por que mataremos e seremos mortos no Século 21.** Geração Editorial. São Paulo, 2010.

ROSA, F. S. **Plano Diretor Ambiental como estratégia de desenvolvimento rural e urbano.** Boletim Paulista de Geografia, v. 100, p. 96-111, 2018.

TONETTO, M. **Princípios da ética ambiental e mudanças climáticas.** Dissertação, 52, 35-57, 2020.

ZIMMERMAN, F. **Gestão da Estratégia com o uso do Bsc.** p. 78, 2015.