



Estado do Paraná

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

QUALIDADE DA ÁGUA DE FONTES DE CASCAVEL-PR UTILIZANDO ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA)

Sabrina Angela Ríboli

Toledo – Paraná – Brasil

2023



Estado do Paraná

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

QUALIDADE DA ÁGUA DE FONTES DE CASCAVEL-PR UTILIZANDO ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA)

Sabrina Angela Ríboli

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 Lindino.
Co-orientador: Prof. Dr. Luciana Oliveira de Fariña.

Abril/2023

Toledo – PR

FICHA CATALOGRÁFICA

RIBOLI, SABRINA ANGELA
QUALIDADE DA ÁGUA DE FONTES DE CASCAVEL-PR UTILIZANDO
ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) / SABRINA ANGELA
RIBOLI; orientador Cleber Lindino; coorientadora Luciana
Oliveira de Fariña. -- Toledo, 2023.
62 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, 2023.

1. Qualidade da água. 2. Fontes hídricas de Cascavel-PR.
3. Análise de Componentes Principais. 4. Sustentabilidade.
I. Lindino, Cleber , orient. II. Oliveira de Fariña, Luciana
, coorient. III. Título.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
1.1 OBJETIVOS	9
1.1.2 OBJETIVO GERAL	9
1.1.3 OBJETIVO ESPECÍFICO	10
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
2.1 Sustentabilidade	10
2.2 Qualidade da água	12
2.3 Importância do entorno das fontes de água	14
2.4 Parâmetros da qualidade de água	17
2.5 Análise multivariada	21
2.6 Dados geofísicos	22
2.7 Bacia hidrográfica do Paraná 3	23
2.8 Bacia do Rio Piquiri	24
2.9 Bacia do Rio IGUAÇU	24
2.10 Presença de nascentes	27
3. MATERIAIS E MÉTODOS	27
3.1 Área de estudo	27
3.2 Caracterização da vegetação ciliar	29
3.3 Caracterização de parâmetros da qualidade de água	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
4.1 Caracterização do entorno das fontes	35
4.2 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	39
4.2.1 Turbidez	39
4.2.2 pH	41
4.2.3 Condutividade Elétrica	43
4.2.4 Sólidos Totais	44
4.2.5 Nitrato	44
4.2.6 Correlação entre Condutividade e Nitrato	46
4.2.7 Nitrato nas estações do ano	47
4.2.8 Condutividade elétrica e pH nas diferentes estações do ano	48

4.2.9 Matéria orgânica	50
4.2.10 Parâmetros microbiológicos	51
4.2.11 Análise de Componentes Principais	53
5. CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

RESUMO

A avaliação da qualidade da água para consumo humano é indispensável, pois está relacionada com a garantia de saúde da população. Em grande parte, a contaminação é causada por resíduos tóxicos lançados em rios, mares e lagos, principalmente oriundo de atividade humana, mas também pode ser causada por fatores ambientais intrínsecos, como patógenos, lixiviação de rochas com a presença de metais tóxicos e degradação da matéria orgânica. Em razão disso, conhecer o perfil de fontes de água com o mínimo de parâmetros a serem determinados e relacioná-los com sua localização geográfica pode ser um desafio e uma oportunidade. Neste trabalho foram selecionados, como modelo, sete fontes na cidade de Cascavel (Paraná), com monitoramento durante o período de dez meses, e posteriormente, realizada a caracterização da água de cada fonte, por meio de parâmetros de pH, de condutividade, de turbidez, de sólidos totais, de concentração de matéria orgânica, de concentração de nitrato e de coliformes termotolerantes e totais, avaliando-se também o entorno geográfico destas fontes, indicando qual bacia hidrográfica pertencem, descritos o grau de impacto no ecossistema a fim de trazer informações aos órgãos públicos quanto ao monitoramento na área. Os resultados mostraram que, em razão da contaminação por coliformes termotolerantes e totais, todas as fontes de água são reprovadas em termos de potabilidade, enquanto que outros parâmetros se mantiveram no intervalo aceito pela legislação. Com o método da Análise de Componentes Principais, foi possível a identificação das fontes, e a discriminação das fontes estudadas. Essa separação em alguns pontos sofre influência da urbanização.

PALAVRAS-CHAVE: água potável; contaminação; saúde humana, recursos hídricos.

ABSTRACT

The assessment of the quality of water for human consumption is essential, as it is related to ensuring the health of the population. To a large extent, contamination is caused by toxic waste released into rivers, seas and lakes, mainly from human activity, but it can also be caused by intrinsic environmental factors, such as pathogens, leaching from rocks with the presence of toxic metals and degradation of soil. organic matter. For this reason, knowing the profile of water sources with the minimum of parameters to be determined and relating them to their geographic location can be both a challenge and an opportunity. In this work, seven sources in the city of Cascavel (Paraná) were selected as a model, with monitoring during a period of ten months, and subsequently, the characterization of the water from each source was carried out, through parameters of pH, conductivity, turbidity, total solids, organic matter concentration, nitrate concentration and thermotolerant and total coliforms, also assessing the geographic surroundings of these sources, indicating which watershed they belong to, describing the degree of impact on the ecosystem in order to bring information to public bodies regarding monitoring in the area. The results showed that, due to contamination by thermotolerant and total coliforms, all water sources are disapproved in terms of potability, while other parameters remained within the range accepted by legislation. With the Principal Components Analysis method, it was possible to identify the sources, and to discriminate the studied sources. This separation at some points is influenced by urbanization.

KEYWORDS: potable water; contamination; human health, water resources.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial para manutenção da vida na Terra, que equilibra e conserva a biodiversidade, além de regular o clima do planeta. Acredita-se que os primeiros seres vivos surgiram na água e, ao passar o tempo, foram evoluindo sendo capazes de viver em ambientes terrestres. Contudo, a água continua sendo habitat de muitos organismos, como os peixes e as algas (CARNEVALLE, 2018).

No planeta, a água encontra-se nos oceanos, mares, rios, lagos, nas geleiras, no solo, em gotículas suspensas no ar e nos seres vivos. Mesmo sendo um recurso abundante, a maior parte presente é salgada e, portanto, inapropriada para o consumo de muitos animais, incluindo seres humanos. A parte que pode ser consumida pela maioria dos seres vivos, a água doce, corresponde a apenas 3% do total existente no Planeta. Porém, a quantidade da água potável é mais reduzida, pois apresenta alterações no que se refere à qualidade (OLIC, 2002).

A qualidade da água gera preocupação pela progressiva poluição hídrica. Devido ao crescimento demográfico, os recursos hídricos estão se tornando o destino final de uma variedade de poluentes e, com isso, ocorre deterioração de sua qualidade e de sua potabilidade natural (BRASIL, 2006).

A água que consumimos diariamente é uma mistura homogênea proveniente de rios, nascentes, represas e águas subterrâneas. Mesmo que a maior parte da água que encontrada na natureza pareça limpa, ela ocasionalmente é potável, visto que é possível apresentar materiais tóxicos e agentes patógenos (MAGOSSI, 2013).

A fonte de contaminação de água é causada principalmente pela contaminação que vem de procedência humana, e às suas atividades que lançam resíduos tóxicos em sistemas naturais, também muitas vezes descartados no solo no qual adentra até chegar aos reservatórios subterrâneos. Também pode-se citar as atividades domésticas nas quais são problemas mais comuns de contaminação de água no despejo de esgoto sem tratamento prévio e descarte indevido do lixo (VICTORINO, 2007).

Os efluentes que são lançados ao meio ambiente alteram os níveis de contaminantes químicos, entre eles os metais pesados tóxicos (também chamados de elementos traço), entre outros. E a contaminação da água por metais pesados é ponto de

imensa preocupação por ocasionar prejuízos ao meio ambiente e também de quem a consome. Independente as concentrações os danos são severos, em algumas situações podem causar problemas ao sistema nervoso (NASCIMENTO *et al.*, 2005).

O monitoramento da qualidade da água hoje é um importante instrumento que possibilita o acompanhamento do uso dos recursos hídricos e os efeitos sobre as características das águas, buscando subsidiar ações de controle ambiental, e regulamentação limitante quanto a pontos de descarga desses materiais. Determinar diversos parâmetros em amostras de água se mostram um grande desafio pois, apesar do avanço tecnológico dos métodos analíticos, o custo, a quantidade de parâmetros a serem avaliados, a ausência de fiscalização, entre outros, limitam a obtenção de informações sobre a qualidade da água. A possibilidade de se utilizar metodologias para avaliar o perfil de amostras (análises multivariadas) e correlacioná-las com o local geográfico é alternativa importante no controle da qualidade de fontes de água potável.

As análises multivariadas vêm sendo utilizada a fim de relacionar inúmeras variáveis simultaneamente de cada amostra, possibilitando melhor visualização dos dados, compreensão e classificação. A dimensionalidade de um conjunto de informações permitindo o mínimo de perda de dados (CAVALCANTE *et al.*, 2018).

O presente trabalho busca caracterizar as fontes de água, a fim de estabelecer um perfil de água de cada localidade, uma vez que nenhum trabalho quanto ao perfil dessas fontes foram desenvolvidos na região, sendo este o primeiro que proporcionará informações quanto ao impacto ambiental, no qual servirá como base para órgãos municipais na elaboração de leis e detectar os riscos à população.

1.1 OBJETIVOS

1.1.2 OBJETIVO GERAL

Analisar a qualidade da água a fim de criar um perfil de fontes potáveis em Cascavel.

1.1.3 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Coleta de amostras de água em pontos estratégicos da Cidade de Cascavel – PR.
- Caracterização ambiental de cada fonte de água;
- Monitoramento das características físico-químicas e microbiológicas da água das fontes;
- Comparação dos resultados obtidos com as legislações CONAMA 357/05, 396/2008, MS 2914/2011 e MS 888/2021;
- Avaliação do grau de impacto ambiental dos locais das fontes;
- Realização da Análise de Componentes Principais e de grupos hierárquicos

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Fontes de água tem como definição, o afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d'água, e, segundo a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, Artº 4, Inciso IV, é Área de Preservação Permanente (APP) (BRASIL, 2012).

As nascentes podem ser classificadas como perene (fluxo contínuo), temporárias (fluxo apenas em estação chuvosa) e efêmeras (ocorre durante a chuva permanecendo por alguns dias ou horas) (SMA, 2009).

Com o escasso monitoramento da qualidade de água, ausência de melhorias no saneamento básico, associados com a falta de conhecimento da população, em relação à causas e problemas ocasionados pela contaminação, há alta ocorrência de doenças de transmissão hídrica nas comunidades.

2.1 Sustentabilidade

O termo sustentabilidade vem ganhando destaque em todo o mundo, em razão de muitos problemas ambientais no planeta. O ser humano, com atitudes agressivas com o meio ambiente, busca extrair recursos da natureza para subsistência e satisfação, e em

muitas das vezes sem consciência de que os recursos são finitos e fundamentais para sobrevivência humana (BOFF, 2012).

Uma possível razão pela qual a atual sociedade age com insustentabilidade, está em utilizar a Terra como “baú de recursos” visão que já prevalece por séculos, mas na atualidade o planeta não suporta esse perfil da população humana. É necessária uma nova relação, reverter o processo de diminuição da disponibilidade hídrica, biodiversidade e retirada de florestas (BOFF, 2012).

Para que seja possível o desenvolvimento sustentável, se faz necessário a evolução da sociedade no quesito preservação, respeito da fauna e flora, visto que são fundamentais para se manter as necessidades das presentes e futuras gerações.

Entretanto, atualmente, o conceito de sustentabilidade é aplicado de forma comercial, mercadológica, o qual se tornou modismo, em que muitas empresas utilizam da prática enganosa conhecida com *Greenwash*, na qual iludem o consumidor que procuram serviços ou itens que não trazem riscos ao meio ambiente, ou ao menos que reduzam os impactos (BOFF, 2012).

A visão predominante de colocar os seres humanos no centro de tudo, o antropocentrismo, contribui para a insustentabilidade, assim como as visões que existem na sociedade, sejam individualistas, competitivas, patriarcais ou mecanicistas (BOFF, 2012).

Um conceito mais abrangente de sustentabilidade assegura construir um novo padrão civilizatório, em que não se limitará a ecologia ao puro ambientalismo. O conceito de sustentabilidade está vinculado a uma ampla gama de temas como: desenvolvimento, educação e sociedade (BOFF, 2012).

O *Environmental, Social and Governance* (ESG) pilar da sustentabilidade busca um novo padrão em relação as práticas comerciais, que tenha um conceito valorizado por grandes investidores, prestadores de serviços e consumidores (SOUZA, 2022).

Portanto, cada letra apresenta um significado: E (*environmental*, ambiental), em outros termos, consiste em uma pegada ecológica, proteção ao meio ambiente, análise da quantidade necessária de água para determinada população. S (*social*) busca melhorar a relação entre empresas, empregados, sociedade, e comunidade ao todo, promovendo melhoria na vida das mesmas. G (*governance*), medidas administrativas, ou seja, contribuição econômica positivamente. De modo geral procura proporcionar uma

compreensão pública, dado que as empresas que adotam melhorariam sua reputação corporativa, favorecendo os negócios (SOUZA, 2022).

2.2 Qualidade da água

A qualidade da água é fundamental para o funcionamento dos ecossistemas, e pode ser definida com base na medição de parâmetros físicos, químico e biológicos. Levando em conta o crescimento da população humana, a qualidade da água tornou-se um tema mundial de atenção e preocupação, em que se aumentaram as atividades agrícolas, industriais e conseqüentemente as mudanças climáticas, ameaçando o abastecimento de recursos hídricos para todos (BRASIL, 2006).

Fatores como uso doméstico, mineração, produção agrícola, industrial e energia alteram características físicas, químicas e biológicas da água de tal modo que ameaça a integridade dos ecossistemas. Os aspectos negativos associados a essas atividades englobam o descarte inadequado de dejetos humanos e animais, o tratamento ineficiente de resíduos industriais, as práticas agrícolas inadequadas.

Efluentes são despejados sem tratamento em corpos d'água e a indústria despeja em torno de 300 a 400 milhões de toneladas de metais pesados, solventes entre outros resíduos no ambiente a cada ano, enquanto países mais desenvolvidos tratam em média 70% das águas residuais, os países menos desenvolvidos tratam 38%, 28%, e essa proporção diminui para 8% nos países de renda baixa, ocasionando em uma média global de 20% (UNESCO, 2017).

A escassez de água será um dos grandes problemas da humanidade ainda no século XXI. Três dos principais fatores que influenciam são as mudanças climáticas, o aumento no consumo do *capital natural*¹, e a conseqüente má qualidade da água (MILLER, 2011).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (2022), cerca de 2 bilhões de pessoas vivem com a falta de água ou consomem água contaminada por fezes. No Quênia, cerca de 90% das águas superficiais já se esgotaram; no Sahel, nos últimos 20 anos, os recursos hídricos diminuíram cerca de 40%, sendo a principal causa as mudanças

¹ O *capital natural* consiste nos recursos naturais fornecidos pelo planeta, bem como, ar, água e solo, o qual sustentam todas as formas de vida e economia na Terra. Fonte: MILLER (2011).

climáticas. A escassez tem forte influência no que se refere a contaminação, mais de 2,8 milhões de crianças sofrem desnutrição devido a doenças vinculadas pela água (UNICEF, 2022).

De acordo com os registros do Fundo das Nações Unidas para a Infância (2022), na Etiópia, Quênia e Somália, aumentaram os números de pessoas que foram vítimas da seca, sem acesso à água potável, os números passaram de 9,5 milhões em fevereiro de 2022 para 16,2 milhões em julho de 2022, e os números dobraram quando comparados ao ano de 2021.

A importância do acesso e o direito à água potável foi afirmado em julho de 2010, pela Assembleia Geral das Nações Unidas (AGNU), e pelo conselho de direitos humanos. O esforço global contra a pobreza, fome, doenças mortais, entre outras prioridades, foram impulsionadas a partir dos objetivos de desenvolvimento do Milênio (ODMs), universalmente acordados no ano 2000, com metas a serem cumpridas até 2015. Contudo, mesmo com esforços no âmbito dos ODM, houve um fracasso ao cumprir totalmente os ODM, a qual trás a necessidade de se concentrar diretamente na água e no saneamento. Foram relatados que em 2015, 663 milhões de pessoas ainda não tinham acesso a fontes de águas potáveis e mais de 2,4 bilhões necessitavam de serviços de saneamento básico (CAMKIN, *et al.*, 2020).

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) foram criados em 2012 no Rio de Janeiro, na Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável e em 25 de setembro de 2015, 193 líderes mundiais propuseram um plano de ação para as pessoas e o planeta, a Agenda 2030. Estabeleceu-se 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS), com 169 metas globais, tratando questões econômicas, sociais e ambientais. A maioria dos ODS está relacionada com a água, sendo que o ODS 6 aborda diretamente a gestão das águas (CAMKIN, *et al.*, 2020).

Para a ONU, o objetivo 6 é, até 2030, alcançar água potável e saneamento para todos. Existem estratégias que ajudam a combater problemas quanto à qualidade da água, como prevenir poluição, tratar águas poluídas, a restauração e proteção dos ecossistemas e o uso seguro de águas residuais.

Já as soluções para indústrias incluem: reformulação de produtos para que produzam menos poluição e requeiram menos recursos (incluindo água) durante sua fabricação. Soluções para Agricultura incluem: redução do uso de pesticidas para controle

de pragas e implementação de técnicas de plantio como rotação de culturas, adubação verde, terraceamento, plantio em nível e nos assentamentos, ampliar a cobertura de saneamento básico (MILLER, 2011).

Em comunidades rurais, o tratamento de água poluída deve ser antes do descarte, tal como, alambiques solares, e plantas de filtragem. E nas residências, fervura filtro de água simples, pasteurização solar, tratamento com cloro e após tratamento de águas residuais, reutiliza-las (CASTRO e CASTRO, 2019).

Um método já implementado em vários países, de baixo custo, é o saneamento ecológico, que envolve a separação da urina e fezes, no qual se aplica a urina em plantas, e as fezes, após compostagem, é aplicada em solo (CASTRO, 2019).

No Brasil, a **legislação de água potável** para consumo humano, determinada pelo Ministério da Saúde, é tratada na Portaria GM/MS nº 888, 2021, e em seu Art. 37 dispõe que:

Art. 37 – A água potável deve estar em conformidade com o padrão de substâncias químicas que representam risco à saúde, expressos nos Anexos 9 e 10 e demais disposições deste Anexo (Brasil, 2021).

Neste contexto, o Anexo 9 desta Portaria apresenta a tabela de padrão de potabilidade para substâncias químicas inorgânicas que representam risco à saúde, na qual é possível observar os valores máximos permitidos de parâmetros como, por exemplo, nitrato = 10 mg L⁻¹, nitrito = 1 mg L⁻¹. No Anexo 10, descreve-se a tabela de padrão organoléptico de potabilidade, como: amônia 1,2 mg L⁻¹, cloreto 250 mg L⁻¹, sódio 200 mg L⁻¹, sólidos dissolvidos totais 500 mg L⁻¹ e turbidez 5 uT (Portaria GM/MS Nº888, 2021).

Na Portaria Nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, Anexo I, os parâmetros para Coliformes totais apresentam, valores máximos permitidos, ausência em 100 mL e *Escherichia coli* ausência em 100 mL.

2.3 Importância do entorno das fontes de água

O Brasil possui cerca de 12% de reserva mundial de água doce, e na Amazônia encontra-se aproximadamente 70% das reservas hídricas do País. Devido à abundância de água, o recurso é tratado como se não houvesse fim. Contudo, a preservação dos rios

e nascentes é de extrema importância, visto que a sociedade utiliza-se dos recursos antes mesmo de ele renovar (BICUDO, 2010).

O desmatamento das encostas e das matas ciliares vem apresentando um crescimento exponencial e, conseqüentemente, o mau uso do solo tem favorecido para baixa qualidade das águas (CARVALHO, 2004).

A conservação da cobertura vegetal ao redor das fontes é de muita importância, pois além de reter os sedimentos e poluentes químicos carregados pela chuva, também contribui na proteção do solo e impede a evaporação intensa das águas (SMA, 2014).

Segundo a Lei Federal nº 7.803/89, Art. 2º constitui área de preservação permanente:

Art. 2 – Nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura (BRASIL, 1989).

A preservação das águas subterrâneas é essencial, pois abastece rios, lagoas, riachos, pântanos e baías e é fundamental a sua compreensão e como ela faz parte do ciclo da água, ressaltando a importância de proteger e manter a qualidade e quantidade deste recurso hídrico (MILLER, 2011).

Algumas precipitações se infiltram no solo até chegar a fendas, fraturas e espaços porosos, saturando-os, com a formação de aquífero, a chamada de água subterrânea. A superfície de um aquífero é o lençol freático e sobre o lençol freático está a zona insaturada também chamada de aeração (ANA, 2011).

As formações geológicas, cascalho, rocha e areia compõem os aquíferos, e as águas podem ser armazenadas, ou transportadas ou fornecidas ao poço. Os aquíferos são irregulares e podem estar tanto próximos ou profundos, podendo haver em vários locais, até mesmo sob residências, aonde vem à importância de descartes corretos sobre o solo, sendo potencialmente contaminantes às águas subterrâneas. Na natureza, até a água mais limpa apresentam certas impurezas vindas de formações rochosas e erosão.

O solo que está em contato com as águas subterrâneas libera os minerais dissolvidos para o aquífero, muitas vezes carregando maiores quantidades de minerais do que a água da superfície. A maior parte desses minerais dissolvidos, quando em níveis baixos, não causam efeitos danosos à saúde, e é capaz de expressar um sabor agradável à água. Entretanto, alguns minerais podem indicar odor ou sabor desagradável. Ainda

assim em níveis mais altos, podem ser considerados contaminantes, inseguro para ingerir (MATTOS, 2015).

Em alguns locais, que apresentam grandes quantidades de ferro, por exemplo, podem resultar em “manchas” de ferro em pias e vasos sanitários. Outros locais nos quais gás ou carvão está presente pode-se produzir odor desagradável. Algumas bactérias naturais do solo dos gêneros, *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Bacillus* e *Streptomyces*, podem ser encontradas em águas subterrâneas, e podem causar descoloração, odor e até mesmo alteração no sabor (MATTOS, 2015).

As fontes de contaminantes podem estar próximas, ou à quilômetros de distância. Alguns possíveis contaminantes como detergentes, produtos químicos, derivados de petróleo e poluentes decorrente de escoamento de superfícies pavimentadas, e podem em geral, mover-se lentamente, e esses vazamentos contínuos podem encontrar as águas subterrâneas, aumentando gradualmente os níveis de contaminação.

Alguns poluentes encontrados em níveis altos são prejudiciais à saúde humana, como, por exemplo, o nitrato, pois trazem risco à saúde de adultos e que, acima de 10 ppm em águas de poço, não deve ser ingerido por bebês, podendo causar a chamada síndrome do bebê azul (SANTOS, 2014). O nitrato proveniente de fertilizantes utilizados na agricultura intensiva pode ser encontrado nos aquíferos e as taxas de contaminações têm aumentado em grande parte do mundo (ELGARAHY *et al.*, 2021).

A presença de bactérias coliformes, do gênero *Enterobacteriaceae* indica que a água é potencialmente perigosa e não deve ser consumida, por serem agentes causadores de diversas doenças, principalmente intestinais. *Escherichia coli* e termotolerantes são encontradas no intestino de animais endotérmicos. Não causam ameaças a saúde quando estão no intestino, visto que é uma bactéria normal do local. Porém quando encontradas em águas, indica contaminação por fezes e/ou esgoto. E essa avaliação é importante visto que a água contaminada por fezes pode apresentar outras verminoses, logo a sua presença mostra indica que a cobertura do poço pode estar obstruída, ou vedada incorretamente. Por essa razão poços particulares devem ser analisados a fim de detectar contaminação, sendo de responsabilidade do proprietário os testes (MING-DAO, 2011).

A contaminação bacteriana é o problema mais comum nos poços e fontes de água. De acordo com Guimarães *et al.*, (2012), essa contaminação deve-se levar em

consideração a antiguidade e a profundidade, com maior incidência bacteriana os poços antigos e rasos, já os poços com novas perfurações, mais profundos e construídos corretamente para selar a água, tiveram menor incidência de contaminação.

É fundamental que a população tenha o conhecimento se a água subterrânea consumida apresenta potabilidade, não havendo presença microbiana, em especial a bactéria *Escherichia coli* (E. coli) (COSME, 2021).

O recurso hídrico subterrâneo é uma fonte extremamente importante e fundamental para a sobrevivência, e ficará ainda mais à medida que a população segue crescendo. Mesmo que separadas a superfície da terra por dezenas ou milhares de metros, ainda é suscetível à intensa poluição, desta forma, devem ser gerenciados e preservados (UN-WATER, 2011).

O monitoramento da qualidade de águas subterrâneas é mais caro e difícil quando comparados ao teste de águas superficiais, pois os poluentes podem ser encontrados em uma parte de um aquífero, e não em outras (UN-WATER, 2011).

Uma gestão adequada do uso da terra, proteção ao entorno, o armazenamento e descarte de potenciais poluentes impede as contaminações em águas subterrâneas e contribuirá para melhor qualidade da água. As normas federais e estaduais foram concebidas para preservar e controlar contaminação em fontes e demais locais, mas cabe a todos os cidadãos ajudar a manter os recursos hídricos subterrâneos limpos (UN-WATER, 2011).

2.4 Parâmetros da qualidade de água

Para avaliar a qualidade da água, a NFS, *National Sanitation Foundation*² criou o IQA (índice de qualidade das águas) em 1970, nos EUA e, no Brasil, seu uso iniciou-se em 1975 pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), seguido por outros estados, e atualmente é o principal IQA usado no Brasil. O principal intuito é avaliar a qualidade da água bruta, direcionando-o para o abastecimento público (ANA, 2004).

A maior parte dos parâmetros do IQA é utilizada para indicar presença de contaminação oriunda de lançamento de esgoto doméstico. Porém, o IQA apresenta

² Organização global fundada em 1944, com propósito de garantir a qualidade da água e alimentos para população humana. A marca audita e certifica produtos e serviços em todo o mundo, para garantir padrões de saúde pública (NSF, 2022).

algumas limitações, no qual não analisa muitos parâmetros importantes, como metais pesados, pesticidas, protozoários causadores de doenças, compostos orgânicos etc. É composto de um total de nove parâmetros de qualidade da água: Coliformes termotolerantes, DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxigênio), Fósforo total, Nitrogênio total, Oxigênio dissolvido, pH, Resíduo total, Temperatura da água e Turbidez (ANA, 2004).

A **turbidez** é uma medida do grau de interferência (espalhamento) à passagem da luz através do líquido. Em regiões com solo erosivo, a turbidez dos corpos da água é devido à precipitação que carrega partículas de argila, areia, silte, óxidos metálicos do solo e fragmentos de rocha. A cor da água é pela reflexão da luz em partículas minúsculas, com dimensões inferiores a 1 µm dispersas finamente, de origem mineral ou orgânica. As águas de cores naturalmente escuras são encontradas em regiões ricas em vegetação, em decorrência da maior produção de ácidos húmicos (BRASIL, 2014).

O **pH** é uma medida de balanço ácido-base de uma solução, os valores estão relacionados a fatores naturais, como a oxidação da matéria orgânica e fotossíntese, a dissolução de rochas, a absorção de gases atmosféricos e a aspectos do descarte de esgotos domésticos e industriais (SPERLING, 2005).

A **condutividade elétrica** (ou mais corretamente, iônica) é a capacidade da água de conduzir a corrente elétrica, devido à presença de íons, oriundos normalmente de sais inorgânicos, dissolvidos na água, como carbonatos, fosfatos, sulfetos e cloretos. O aumento da condutividade elétrica acontece devido o aparecimento dessas substâncias. De outro modo, a presença de substâncias que não se ionizam, como o óleo e álcool promove a redução da condutividade elétrica. Essa propriedade pode variar de acordo com a temperatura e, portanto, essas medidas devem estar sempre relacionadas (PINTO, 2007).

A variação da condutividade, oxigênio dissolvido e salinidade em níveis diferentes de um corpo d'água em razão da mudança de temperatura conforme a profundidade é outra indicação da ação da temperatura na água. O aumento de temperatura em determinada estação pode causar evaporação, conseqüentemente irá aumentar a condutividade elétrica da água, já que concentra os sais dissolvidos na água.

Com base na medida de condutividade elétrica é possível estabelecer a salinidade da água, estipulada como a porção total de sais dissolvidos na água. Os sais se dissolvem originando os íons de carga oposta e desse modo favorece para a

condutividade elétrica da solução. Outro método para estimar a salinidade é por evaporação da água, contudo não é um método suscetível para ser realizado em campo.

Outra maneira que pode ser estimada a partir da condutividade elétrica é a quantidade de sólidos totais, que expressa a quantidade de fragmentos dissolvidos com no máximo 2 μm , sendo capaz de aproximar-se à salinidade. Os íons oriundos de sais são fundamentais para a vida aquática, já que controlam a entrada e saída de água das células através da osmose, e desenvolvem segmentos moleculares essenciais para a vida. Apesar disso em excesso são capazes de diminuir a quantidade de oxigênio dissolvido na água (EPA, 2012).

A condutividade elétrica é um dos parâmetros mais comuns com determinação rápida e indispensáveis quanto à qualidade da água. Os valores de condutividade do corpo d'água mantêm valores constantes, e alterações neste parâmetro são capazes de indicar desequilíbrio no sistema, podendo ser por causas naturais, tal como secas e inundações, ou por ação antrópica como a poluição.

O fluxo de água em um corpo d'água influencia nos valores de condutividade, pois quanto maior for o fluxo, maior o impacto, porém a quantidade de chuva pode alterar a condutividade, sendo mais condutiva quando comparada com a água destilada, derivado de gases e partículas suspensas no ar. Contudo, quando se apresenta grande precipitação, a chuva diminui os portadores de carga na água, diminuindo a condutividade. Porém, em casos de inundações, a condutividade poderá aumentar, visto que dependerá do solo em entorno, se for rico em sais e nutrientes.

A condutividade elétrica e salinidade apresenta diferenças quando apresentada entre água doce e salgada. Assim sendo, para uma água potável, não tem um padrão para quais seriam os valores de salinidade e condutividade, ou até mesmo para um certo tipo de água, principalmente fontes de água doce, que apresenta tamanha conexão geológica com o local, quanto mais em nível global. Diversamente, segundo Clean Water Team (2004) foram estabelecidos valores de condutividade elétrica para diferentes tipos de água: água deionizada 0,055-1, água destilada 0,5-3, Neve derretida 2-42, água da torneira 50-800, água potável 30-1500, fontes de água doce 100-2000, água industrial 10000 e água do mar 55000 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

Uma informação importante é que as águas das fontes apresentam valores amplos para condutividade, pelo seu contato geológico do local. A presença de granito no solo

apresentará redução da condutividade, pois os sedimentos não se dissolvem com facilidade: já o solo argiloso terá condutividade maior, pois é rico em sais minerais.

Em saneamento de água, toda matéria que permanece como resíduo após evaporação, secagem ou calcinação de uma amostra a uma temperatura elevada estabelecida durante um determinado tempo, equivale aos **sólidos totais**.

Os **sólidos totais** é um importante parâmetro para determinar as condições ambientais, baseado na ideia de que estes sólidos em excesso podem causar danos a seres vivos aquáticos. Na medida em que se encontram altos teores de sais minerais, sulfato e cloreto há propensão de corrosão aos sistemas de distribuição, além de atribuir sabor às águas lesando o abastecimento público de água. A presença de sólidos na água pode ocorrer por processos erosivos, detritos orgânicos e organismos (forma natural), ou lançamento de lixo e esgotos (antropogênica). Em águas naturais os sólidos estão compostos principalmente por cloretos, fosfatos, carbonatos, sulfatos, hidrogenocarbonatos, potássio, nitratos de cálcio e magnésio (NOGUEIRA *et al.*, 2015).

O **nitrato** se forma a partir de processos microbiológicos e químicos que ocorrem no ar, planta, solo e água. Entre os componentes inorgânicos existentes em águas subterrâneas, é o que possui ocorrência mais generalizada e complexa, visto que apresenta persistência e alta mobilidade sob condições aeróbias e também pode causar processos de eutrofização nos corpos de águas ou a morte de organismos aquáticos. E em condições anaeróbicas, pode ser convertido a outros compostos nitrogenados, decorrente de atividade microbiológica (VARNIER, 2019).

O surgimento de nitrato nas águas subterrâneas pode ser natural (formação geológica) ou antrópica (áreas rurais e urbanas). Segundo Rudolph *et al.* (1998), as fontes não pontuais ou difusas é uma das principais causas de contaminação por nitrato, causando maior impacto na qualidade das águas subterrâneas em áreas rurais.

A Portaria GM/MS Nº 888 de 2021 que altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 2017, apresenta o nitrato como substância inorgânica que traz risco à saúde e, portanto, deve ser monitorado, com VMP de 10 mg L⁻¹.

A **matéria orgânica** é uma mistura de compostos orgânicos, que podem ser encontradas em águas superficiais, subterrâneas e água da chuva, em formas coloidais, dissolvidas e particuladas (CANADA, 2019). Podem ocorrer de forma natural ou mesmo resultante de ação antrópica, derivado principalmente de descartes de esgotos sanitários.

A origem da cor da água pode estar relacionada com a decomposição da matéria orgânica, especialmente ácidos húmicos, vegetais e fúlvicos. Apesar disso, a cloração em água com matéria orgânica dissolvida desempenha um papel crítico, a qual pode ocasionar impactos negativos formando produtos trihalometanos, considerado Carcinógeno (BLANK, 2014).

Os parâmetros **microbiológicos** indicam a contaminação fecal ao qual pertencem a um grupo de bactérias chamadas coliformes, sendo o a *Escherichia coli* a principal representante. Bactérias pertencentes ao grupo coliformes são classificadas como coliformes totais e termotolerantes, ambas utilizadas para monitoramento da qualidade da água. A partir da análise microbiológica irão apontar presença ou ausência, podendo ser ou não prejudiciais à saúde, como também, alterar características como odores e sabores da água (LOURENÇO, 2017).

2.5 Análise multivariada

As técnicas estatísticas multivariadas são amplamente utilizadas a fim de obter a redução do número de variáveis, utilizam amostras e suas variáveis ao todo, possibilitando extrair dados adicionais que a análise univariada não consegue demonstrar (GUEDES *et al.*, 2012). O método permite diminuir a dimensão dos dados, promovendo uma estrutura de melhor visualização de todo o agrupamento de dados. Contudo, busca extrair um novo conjunto de variáveis menor que o conjunto original, no qual consistirá na preservação da maior parte das informações amostral (PANERO, 2009).

A análise de componentes principais (PCA) e análise de agrupamento hierárquico (HCA) consistem em técnicas metodológicas exploratórias, ao qual buscam evidenciar diferenças ou semelhanças entre amostras em um conjunto de dados. Portanto, aplica-se em experimento de rastreabilidade (PANERO, 2009).

A PCA é um método que expõe dados n-dimensionais em um local de menor dimensão. Método capaz de evidenciar informações importantes, logo contribuirá na construção de hipóteses, logo é possível desenvolver estruturalmente os dados, construir gráficos a partir da composição das amostras (*scores*), e variáveis (*loadings*), dos quais formam os componentes principais (PCs). E, portanto, a partir do conjunto de dados

permite indicar determinada influência de cada variável de cada amostra (PANERO, 2009).

O HCA consiste em um processo hierárquico, que tem como objetivo organizar dados que se dispõe a cada passo a matriz de dados, diminuindo em uma dimensão, formando um grupo de pares similares. A distância apresentada entre as amostras indica a semelhança em suas propriedades, e, portanto, as amostras que apresentarem maior semelhança ficarão agrupadas (PANERO, 2009).

Para confirmação dos aspectos em *scores* e *loadings* pode-se construir o dendograma (HCA) e, portanto visualizar possíveis agrupamentos relacionando os níveis de distância ou similaridade (GOMES *et al.*, 2017).

2.6 Dados geofísicos

O município de Cascavel está localizado na região Oeste do estado do Paraná. De acordo com a Lei Municipal nº 3.826, de 20/05/2004, a área total do município é de 2.112 km², com perímetro urbano de 112 km². Possui altitude máxima de 780 metros acima do nível do mar. Segundo o IBGE (2021), a cidade possui uma população projetada de 336.073, habitantes, sendo consolidada como a 5^a maior cidade do interior do Paraná, ficando atrás de Ponta Grossa, Maringá, Londrina e Curitiba. O município tem como principal atividade econômica a agroindústria e a agropecuária, com os mais altos valores de PIB R\$ 12,6 bilhões e valor de produção de R\$ 1,1 bilhão (AEN, 2022).

O município de Cascavel faz limite com os municípios de Boa Vista da Aparecida, Braganey, Cafelândia, Campo Bonito, Catanduvas, Corbélia, Lindoeste, Santa Tereza do Oeste, Toledo, Três Barras do Paraná e Tupãssi, conforme Figura 1.

Figura 1 – Mapa de municípios que fazem limite com Cascavel, PR.



FONTE: IPARDES, 2012.

A região apresenta relevo ondulado, composto por extensas e amplas colinas com declividade baixa, no sul, declividade média e alta, relevo acidentado. A vegetação natural, subtropical, define-se em dois tipos de florestas, florestas da bacia do Rio Uruguai e Rio Paraná e florestas de araucárias, predominando as árvores de porte grande, no entanto, em consequência das intensas atividades agrícolas, apresentam-se modificadas. O solo do município é profundo, classificado, latossolo roxo, com boa capacidade de aeração, permeabilidade e retenção de água (PREFEITURA DE CASCAVEL-PR, 2010).

O município está localizado no alto do espigão, faz parte de três bacias hidrográficas: Bacia do Rio Piquiri, Bacia do Rio Iguaçu e Bacia do Rio Paraná 3. O círculo em vermelho (Figura 2) mostra o ponto de encontro das três bacias na cidade de Cascavel e apresenta mais de mil nascentes além das presentes na área rural (PREFEITURA DE CASCAVEL-PR, 2022).

2.7 Bacia hidrográfica do Paraná 3

A bacia hidrográfica do Paraná 3 (BP3) está localizada na mesorregião Oeste do estado do Paraná, abrangendo uma área de aproximadamente 8.000 km² que abriga 28 municípios: Cascavel, Toledo, Maripá, Terra Roxa, Tupãssi, Guaíra, Mercedes, Quadro Pontes, Nova Santa Rosa, Marechal C. Rondon, Pato Bragado, Entre Rios do Oeste, Ouro Verde do Oeste, São José das Palmeiras, São Pedro do Iguaçu, Santa Tereza do Oeste, Santa Helena, Diamante do Oeste, Vera Cruz do Oeste, Céu Azul, Missal, Ramilândia, Itaipulândia, Medianeira, Matelândia, São Miguel do Iguaçu, Santa Terezinha de Itaipu e Foz do Iguaçu, com população de 1.002.619 habitantes (IBGE, 2021).

A BP3 envolve um conjunto de bacias com drenagem de leste a oeste, que deságuam no Reservatório do Lago de Itaipu. Subdividida em 12 sub-bacias a BP3 apresenta cursos principais dos rios: Taturi, Chororó, Guaçu, Marreco, São Francisco Verdadeiro, Santa Quitéria, São Francisco Falso Braço Norte, São Francisco Falso Braço Sul, São Vicente, Ocoí, Pinto e Passo-Cuê (ROCHA, 2018).

2.8 Bacia do Rio Piquiri

A bacia do rio Piquiri é considerada a terceira maior do estado em área física, localizada inteiramente no Paraná, e engloba uma área de drenagem de 24.156 km². O Rio Piquiri nasce na Serra do São João, entre Turvo e Guarapuava, 1040,0 m acima do nível do mar, seguindo cerca de 660 km até a foz do Rio Paraná, que fica Altônia e Terra Rocha, cerca de 220,0 m acima do nível do mar, em direção leste-oeste até a fronteira das cidades de Marquinho e Laranjal, a partir daí curva-se na direção sudeste-noroeste, desaguando na margem esquerda no rio Paraná (IAT, 2007).

A bacia está inserida cerca de 36% no município de Cascavel. O Rio Boi Piguá, Rio Sapacuaia, Rio Memória e Rio Tourinho são os afluentes do Rio Piquiri na cidade. A drenagem urbana é favorecida em razão da extensa hidrografia presente no município, contribui na retenção e facilita no escoamento da água precipitada, evitando escoamento superficial e alagamento vazante (PDI, 2012).

Em relação ao solo, é formado especialmente de rocha ígneas, basicamente ácidas e básicas, formado pelos mesmos fatores e combinações de fatores como localização geográfica e clima, de forma geral os tipos de solos são, latossolos, nitossolos, argissolos, gleissolos, cambissolos, e neossolos (IAT, 2007).

2.9 Bacia do Rio IGUAÇU

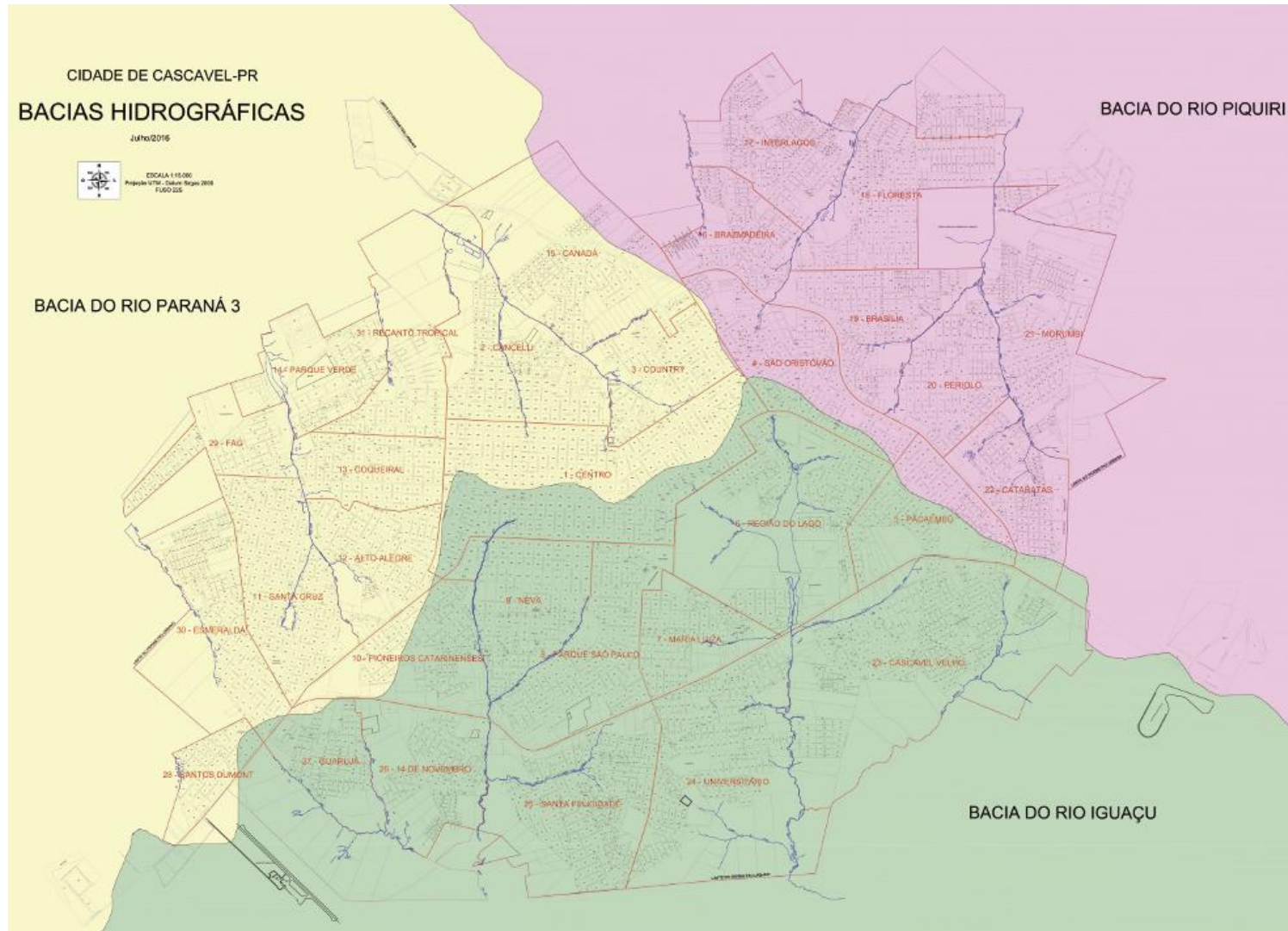
A bacia hidrográfica do rio Iguaçu vem desde a era mesozoica e parte da paleozoica, no qual deu origem a três planaltos paranaenses: Curitiba, Ponta grossa e Guarapuava, e com base nos aspectos da superfície terrestre, o rio Iguaçu foi subdividido em três regiões, alto do Iguaçu, médio Iguaçu e baixo Iguaçu, localizados respectivamente no primeiro, segundo e terceiro planalto (BAUMGARTNER *et al.*, 2012).

Com uma área de drenagem total de 70.800 km², cobrindo parte da região do Paraná, Santa Catarina e Argentina (BACOVIS, 2015). O rio tem aproximadamente 1000 quilômetros de extensão e corre de leste a oeste. A foz do rio está localizada a 1500 metros de altitude, que é também a altitude das Cataratas do Iguaçu. As nascentes do rio estão entre 85 e 1500 metros acima do nível do mar. Um padrão de leito misto é evidente no Rio Iguaçu, no qual indica aspecto de solo arenoso. O Rio Iguaçu é longitudinal, possui quedas mais baixas – ou trechos com altitudes elevadas – na distância entre 425 e 765 quilômetros. Há cinco quedas adicionais em uma faixa de altitude semelhante entre 720 e 255 quilômetros (GRISON *et al.*, 2014).

Segundo o Programa de Desenvolvimento Integrado de Cascavel (PDI) 2012, a bacia hidrográfica do Rio Iguaçu é considerada a maior do estado do Paraná, e engloba cerca de 52% do território do município de Cascavel. O Rio Tormenta e Andrada são os principais contribuintes no município, dentre os principais, o Rio Cascavel juntamente com seus afluentes compõe o manancial de abastecimento público, o qual é responsável por aproximadamente 80% de água potável do município. Em razão de sua bacia hidrográfica estar inserida em maior parte da área urbana da cidade, local onde existem muitas nascentes, o local apresenta maior fragilidade ambiental em razão da ocupação do solo da bacia, visto que a região confere intenso desenvolvimento urbano.

Em relação à preservação ambiental, o rio Iguaçu já foi apontado como o mais poluído, depois do Tietê em São Paulo. Os teores de matéria orgânica e coliformes termotolerantes apresentaram valores acima do permitido, indicando a qualidade da água ruim, devido a essa influência pelos efluentes intensamente poluídos, como industriais e domésticos (CORDOVA, 2018).

Figura 2 – Bacias Hidrográficas no município de Cascavel – PR.



Fonte: IAT, 2007.



2.10 Presença de nascentes

Conforme um estudo realizado em 2006 pela Secretaria de Meio Ambiente de Cascavel, com participação da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), foram constatadas e georreferenciadas um total de 1.082 nascentes existentes no perímetro urbano de Cascavel, distribuídas de acordo com o Quadro 1 (PDI, 2012).

Quadro 1 – Nascentes georreferenciadas em Cascavel-PR.

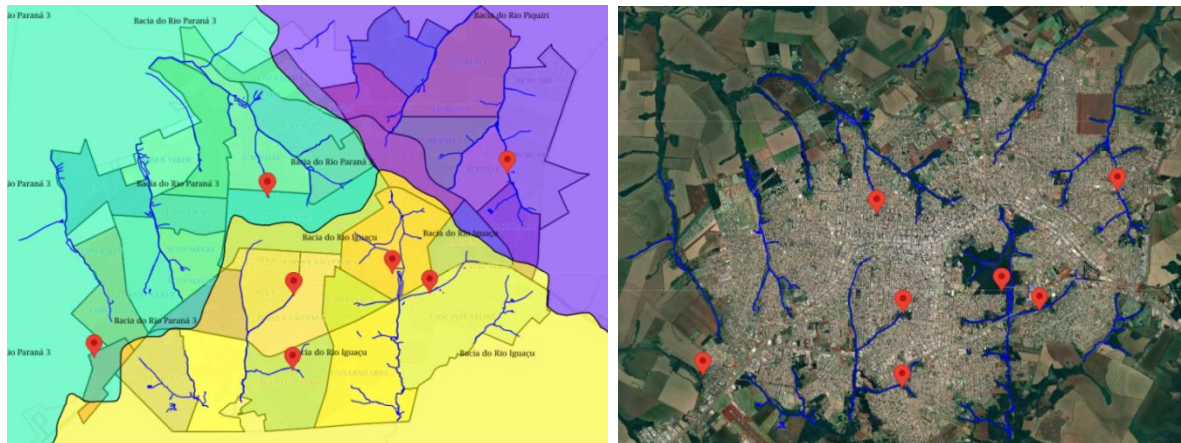
Bacia Hidrográfica Rio Iguçu	Bacia Hidrográfica Rio Piquiri	Bacia Hidrográfica Rio Paraná 3
543	288	251

Fonte: PDI, 2012.

O município apresenta quatro rios principais, Cascavel, Quati, Melissa e Rio das Antas. O rio Cascavel e Quati está localizado na Bacia do Rio Iguçu, o rio Melissa na Bacia do Rio Piquiri e o Rio das Antas na Bacia do Paraná 3 (SANDRI et al., 2021).

A hidrografia urbana pode ser vista na Figura 3, logo, a proximidade com as fontes estudadas.

Figura 3 – Hidrografia urbana.



Fonte: GeoPortal, 2023.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

A área de estudo é localizada na cidade de Cascavel-PR que conta com dezessete fontes urbanas e, dentre elas, foram selecionadas sete fontes em pontos estratégicos da cidade abrangendo o norte, o sul, o leste e o oeste da zona urbana, observando as bacias hidrográficas que as deságuam.

Os pontos para realização da amostragem foram: Fonte do Parque Tarquínio, Fonte do Jardim Padovani, Fonte dos Mosaicos, Fonte da Ciclovia do Lago, Fonte do Cascavel Velho, Fonte do Morumbi e Fonte do Santos Dumont (Figura 4).

Figura 4 – Localização dos pontos amostrais das fontes estudadas no perímetro urbano de Cascavel.



Fonte: Google Earth, 2023

As Fontes Santos Dumont e Mosaicos localizam-se na Bacia do Rio Paraná 3, a Fonte do Morumbi na Bacia do Rio Piquiri, enquanto na Bacia do Rio Iguaçu estão as Fontes do Padovani, Tarquínio, Lago e Cascavel Velho (PREFEITURA DE CASCAVEL-PR, 2016).

As fontes foram mapeadas com uso de aplicativo GPS em celular, registro fotográfico com câmera fotográfica e por meio do programa Google Earth para fornecer imagens e coordenadas geográficas (Tabela 1).

Tabela 1 - Coordenadas geográficas das fontes estudadas.

Fontes	Pontos	Latitude	Longitude	Elevação (m)
Tarquínio	P1 (BRI)	24°58'17"S	53°27'43"W	722
Padovani	P2 (BRI)	24°59'23"S	53°27'46"W	711
Mosaicos	P3 (BP3)	24°56'56"S	53°28'08"W	716
Lago	P4 (BRI)	24°58'00"S	53°26'14"W	718
Cascavel Velho	P5 (BRI)	24°58'18"S	53°25'38"W	709
Morumbi	P6 (BRP)	24°58'26"S	53°27'57"W	690
Santos Dumont	P7 (BP3)	24°59'11"S	53°30'51"W	712

BP3: Bacia do Paraná 3; BRP: Bacia Rio Piquiri; BRI: Bacia Rio Iguaçu.

Fonte: Google Earth, 2021.

O número de habitantes por bairros das fontes coletadas apresentam a seguintes quantidades: centro 24.534, região do lago 7.478, Parque São Paulo 10.371, Cascavel velho 13.392, Morumbi 5.353, Santos Dumont 1.983 e Jardim Padovani (Santa Felicidade) 14.432 habitantes (PREFEITURA DE CASCAVEL-PR, 2010).

A cidade tem 98% da rede de esgoto disponível para os moradores, chegando a 137 mil domicílios, com a rede coletora com total de 1.500 km, além de quatro estações de tratamento de esgoto. A captação para o abastecimento de água da área urbana vem de 16 poços e dos rios Cascavel, São José, Saltinho e Peroba (SANEPAR, 2021).

No que se refere à infraestrutura física da cidade, cerca de 100% da população urbana dispõe de rede de água. De acordo com Instituto Trata Brasil, no ano de 2021 o município de Cascavel obteve o 7º lugar no *ranking* de saneamento básico nacional, porém os distritos apresentam acessos diferentes, variando de acordo com a localização em que estão as comunidades rurais.

3.2 Caracterização da vegetação ciliar

Para caracterização de acordo com a conservação da vegetação ciliar das fontes, foram adotadas metodologias aplicadas por Pinto (2003), no qual se avaliou o estado de conservação e a vegetação no entorno das nascentes. Fez-se a medição de uma área de 50 metros utilizando trena, e posteriormente classificadas em três categorias: preservada, perturbada ou degradada.

a) Preservadas: quando apresenta mínimo de 50 metros de vegetação natural ao seu redor.

b) Perturbada: quando não apresenta 50 metros de vegetação natural ao seu redor, mesmo que se encontra em bom estado de conservação e sendo ocupada parte por pastagem e/ou agricultura.

c) Degradada: quando se encontra com alto grau de perturbação, apresentando solo compactado, pouca vegetação e erosão.

Para a caracterização do entorno das fontes foram realizados levantamentos bibliográficos utilizando, artigos científicos, dados do portal do município, revistas e livros.

3.3 Caracterização de parâmetros da qualidade de água

As coletas foram realizadas em diferentes estações do ano a fim de observar fatores que possam alterar o perfil físico-químico e microbiológico. O período de coleta ocorreu nos dias 06 de outubro de 2021 e 25 de janeiro, 11 de abril, 25 de julho e 13 de novembro de 2022, totalizando 50 amostras em duplicatas.

Para os procedimentos de coleta das amostras de água das fontes foram utilizados frascos de polietileno (200 mL), esterilizados e termômetro de mercúrio com escala de 0° e 50 °C para aferir a temperatura no momento da coleta. Posteriormente foram identificadas, acondicionadas em refrigeração em caixa térmica com temperatura menor que 10 °C e levadas em seguida ao Laboratório de Química do Campus de Toledo da Universidade Estadual do Oeste do Paraná no qual as demais análises foram realizadas. Os parâmetros físico-químicos determinados foram: turbidez, temperatura, pH, condutividade, sólidos totais, matéria orgânica e nitrato.

As amostragens de água para análise foram efetuadas de acordo com o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, 2011) e os parâmetros determinados de acordo com a *Association Official Analytical Chemists* (AOAC, 2005) e *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012).

Para leitura da turbidez foi utilizado turbidímetro de bancada, Marca *MS TEC*, modelo TB-1000, para obter valores de pH, pHmetro da Marca *Bel*, modelo PHS3BW, calibrado com soluções tampão pH 7,0 e pH 4,0, rastreáveis, para análise de condutividade utilizou-se condutivímetro de bancada, Marca *Ms Tecnopon*, calibrado com

solução padrão de $1412 \mu\text{S cm}^{-1}$, para o procedimento de sólidos totais, utilizou-se estufa de secagem modelo SL-100 da Marca *Solab* com temperatura em $105 \pm 0,1^\circ\text{C}$ e espectrofotômetro da Marca *Shimadzu*, modelo UV-1800.

Os parâmetros adotados e metodologia de análises das amostras são descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros físico-químicos determinados nas amostras de fontes de água.

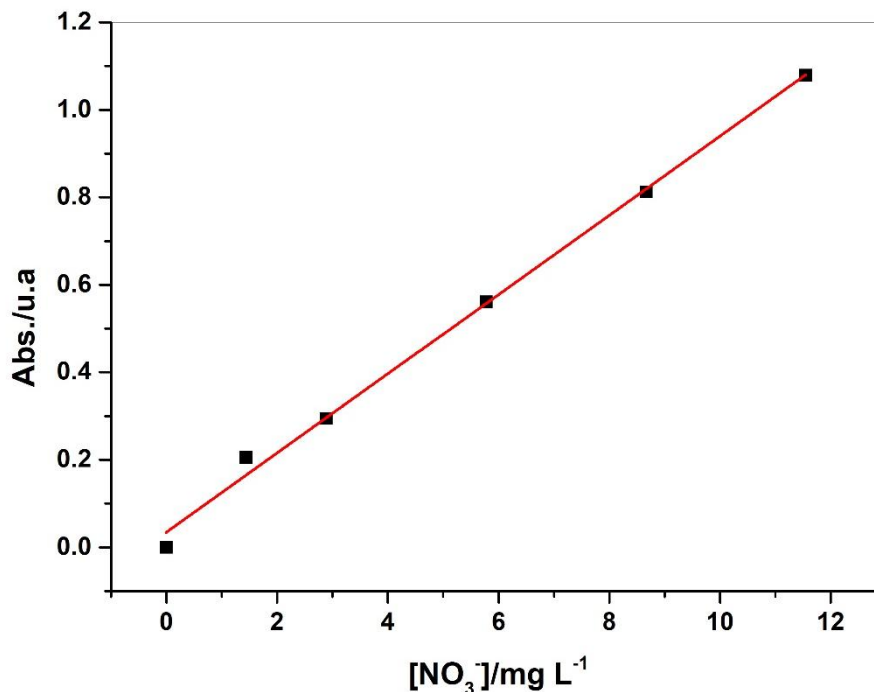
Parâmetro	Método de Análise/aparelho
Absorção molecular	Espectrofotômetro
Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Condutivímetro
pH	pHmetro
Sólidos totais (mg L^{-1})	Gravimétrico/ Estufa

Os resultados dos parâmetros foram avaliados de acordo com a Portaria 888/21 do Ministério da Saúde.

Com o uso de Quimiometria, os valores obtidos de pH, condutividade, turbidez e concentração de nitrato foram utilizados como parâmetros na Análise de Componentes Principais (PCA) e Análise de Grupos Hierárquicos (HCA), utilizando o software Chemoface[®] versão 1.64, para verificar ou não a similaridade de perfil das fontes e permitir a discriminação das mesmas.

Para a determinação da concentração de nitrato, inicialmente foi obtida a curva analítica, preparada a partir de solução estoque ($721,8 \text{ mg L}^{-1}$) de nitrato de potássio (KNO_3), seco a 105°C por 24h, seguida das adequadas diluições. Os padrões foram lidos em espectrofotômetro Shimadzu 1800 PC entre os comprimentos de onda de 1100 nm a 200 nm. A curva analítica é construída a partir dos resultados de absorvância no comprimento de onda de 203 nm, na temperatura de $25,0^\circ\text{C}$. A curva analítica está apresentada na Figura 5, com equação da reta: $\text{Abs} = 0,03427 + 0,09055193[\text{NO}_3]$, com Coeficiente de Pearson de 0,9983 e coeficiente de determinação (R^2) = 0,9956.

Figura 5 - Curva analítica utilizada para determinação da concentração de nitrato nas amostras coletadas.



Os resultados microbiológicos foram obtidos do Laboratório de Águas e Alimentos da Fundação para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico de Cascavel (FUNDETEC), sendo empregada metodologia *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 23^o ed., 2017 - Method 9223.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por observação *in situ*, a caracterização da vegetação ciliar ao redor das fontes (Figura 6) obteve-se preservada para: Fonte do Parque Tarquínio, Padovani, Mosaicos, Lago, Morumbi e Santos Dumont, perturbada para Fonte do Cascavel Velho e degradada para nenhuma das fontes. Identificou-se que 100% das fontes são utilizadas como bebedouro de animais e abastecimento humano, podendo variar de acordo com a oferta de água de algumas fontes.

Em relação à presença ou ausência de água, não foi possível realizar a coleta da água na Fonte do Morumbi, devido à escassez pode ser resultante a baixa precipitação de chuva nos períodos de coleta.

Por outro lado, a Fonte do Santos Dumont apresentava água, no entanto a área no entorno encontrava-se degradada, diante disso, não foi possível a realização da coleta de água.

Figura 6 – Fotografias da Fontes de água estudadas.



(P1) Fonte Parque Tarquínio.



(P2) Fonte Padovani.



(P3) Fonte dos Mosaicos



(P4) Fonte do Lago.



(P5) Fonte Cascavel Velho.



(P6) Fonte Ecopark Morumbi.



(P7) Fonte Santos Dumont.

4.1 Caracterização do entorno das fontes

A Fonte do Parque Tarquínio (P1) localizada no Parque Tarquínio Joslin dos Santos, apresenta uma área total de 77.600m², com mata nativa contendo árvores de até

30m de altura, arbustos e gramíneas, caracterizando uma área de preservação ambiental. A fonte é associada ao rio Quati, localizada em área urbana e possui vegetação ao redor, salão comunitário onde são praticadas aulas de natação, hidroginástica e academia de 3ª idade (ALMEIDA *et al.*; 2017).

A Fonte localizada no Jardim Padovani (P2), proveniente do Rio Iguaçu, possui maior quantidade em vegetação na região anterior, com predominância de árvores porte média, gramínea e arbustos (PORTAL DO MUNICÍPIO, 2010). No ano de 2011 foi construída uma área de preservação com múltiplos plantios de árvores ao redor, a fim de contribuir para sua conservação, implantação de chafariz, e atualmente encontra-se sem água e este vem se deteriorando devido à falta de manutenção (PORTAL DO MUNICÍPIO, 2010).

Situada na Praça dos Mosaicos, a Fonte (P3), é oriunda das nascentes dos rios São Francisco Verdadeiro e Cascavel (PORTAL DO MUNICÍPIO, 2010). A fonte contém vegetação limitada devido a residências que foram construídas ao redor.

No ano de 2004, como parte do projeto “cultivando água boa” em conjunto com a prefeitura municipal e Itaipu binacional a fim de sua preservação, a obra fez parte também do programa Cascavel “Cidade das Águas”. O programa “Cidade das Águas”, atualmente conta com 26 fontes com intuito de cuidar e recuperar nascentes da localidade, com fim de possibilitar maior qualidade de vida e água potável para a população (BASSO *et al.*, 2017).

A Fonte do Lago (P4) fica localizada no Parque Municipal Paulo Gorski, considerado o maior parque da cidade e o que recebe maior número de visitas durante a semana. Possui uma área total de 111.260m², sendo 55.350m² de mata nativa, e lâmina d'água de 41.000m² com profundidade de 9,8m² (ALMEIDA *et al.*; 2017).

Devido ao parque ser banhado por nascentes do rio Cascavel, possibilita a repesagem no lago. A mata nativa dispõe de animais silvestres, peixes, garças, macacos e capivaras contudo, ao lado esquerdo é possível visualizar a presença de residências aos quais ocasiona-se na retirada de vegetação (MENDES, 2020).

Segundo o Portal do Município (2010), o parque é considerado a maior reserva urbana do Sul do Brasil. Com características naturais relevantes, desenvolvidas e protegidas pelo Poder Público, tornando e classificando-o como sendo uma Unidade de Conservação (UC), a única do município conforme o GeoPortal (2023) e tem como

objetivo preservar e conservar as árvores do local, bem como as Araucárias da região e as nascentes do rio Cascavel (ALMEIDA *et al.*; 2017).

A Fonte do Cascavel Velho (P5) foi à segunda revitalizada pelo programa “Cidade das Águas”, ao qual tem em vista a proteção do meio ambiente, e, portanto a conservação das nascentes (PORTAL DO MUNICÍPIO, 2010). A vegetação próxima apresenta-se ampla e densa, com árvores de porte médio e grande, o solo encontra-se exposto e há presença de espécies invasoras.

A Fonte localizada no Ecopark Morumbi (P6) apresenta área total de 91.000m². A vegetação ao redor é reduzida, apresentando poucas árvores, e essa intervenção na vegetação foi feita devido a construção do parque. O local pode atender cerca de 60 mil moradores dos bairros Morumbi, Periolo, São Francisco, Cataratas e Colmeia, e está previsto implantação do aumento do parque, sendo que será necessário a retirada de parte da vegetação para realização da obra (PORTAL DO MUNICÍPIO, 2022).

A Fonte do Santos Dumont (P7) possui vegetação ao redor, árvores de diferentes espécies e menor urbanização, visto que está localizada na saída do município. O local não recebe visitação devido à fonte estar degradada e, portanto, a retirada de água não   possível.

Figura 7 – Imagens de satélite do entorno das Fontes estudadas, observando-se a vegeta o e a ocupa o do espaço urbano (Fonte: Google Earth[®], 2022).

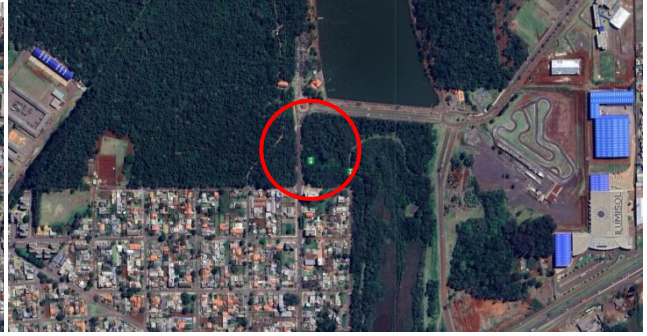


Fonte do Tarquínio (P1)

Fonte do Padovani (P2)



Fonte dos Mosaicos (P3)



Fonte do Lago (P4)



Fonte do Cascavel Velho (P5)



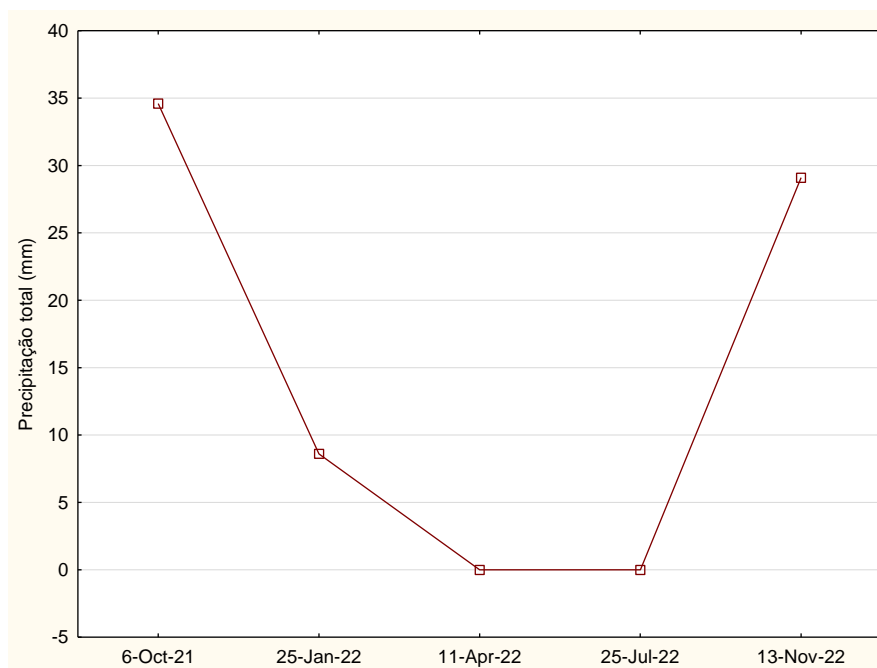
Fonte do Morumbi (P6)



Fonte do Santos Dumont (P7).

A precipitação acumulada e demais informações meteorológicas nos dias de coleta são apresentadas na Figura 8, dados obtidos da SIMEPAR.

Figura - 8 variáveis meteorológicas decorrentes no período.



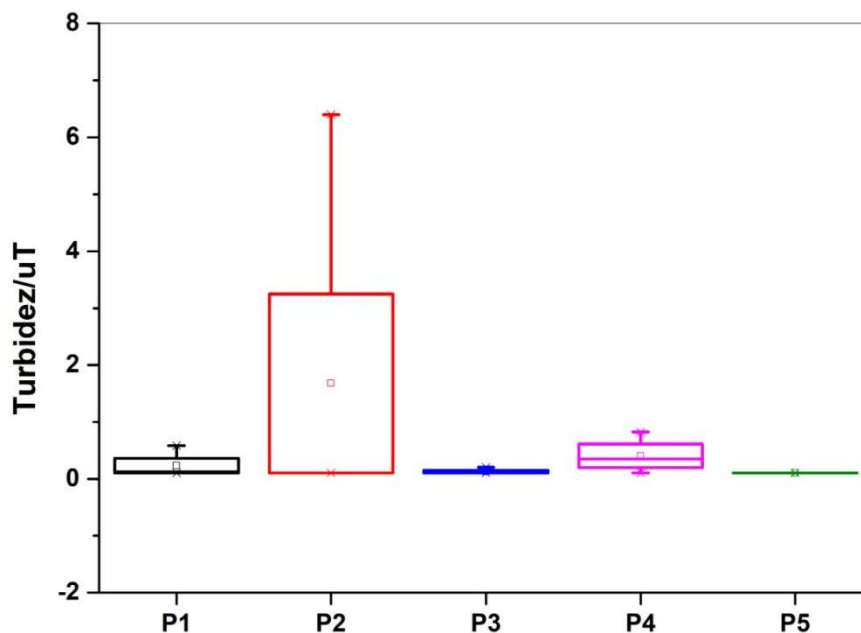
Fonte: SIMEPAR, 2022.

4.2 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

4.2.1 Turbidez

Os valores de turbidez podem ser vistos na Figura 9, na qual na primeira amostragem realizada, a Fonte do Lago (P4) apresentou concentração maior quando comparados às demais fontes, com valores máximos de 0,82 UT, no entanto, observaram-se valores $<0,1$ UT na Fonte do Padovani (P2), Fonte dos Mosaicos (P3) e Cascavel velho (P5). A Fonte do Tarquínio (P1) apresentou resultado inicial de 0,58 UT, reduzindo para 0,2 UT na segunda coleta, estabilizando em $<0,1$ UT nas últimas duas coletas, indicando que esta fonte pode ter dependência maior da precipitação, pois a diminuição da turbidez acompanhou a redução na precipitação.

Figura 9 - Gráficos de box plot para os valores de turbidez (uT) observados nos pontos amostrais durante coletas nas estações do ano ($n = 4$).



Contudo, na última coleta realizada no dia 13 de novembro elevou-se consideravelmente a turbidez da Fonte do Padovani (P2) com o valor de 6,4 UT, a maior em relação às coletas anteriores, acredita-se que esse aumento pode também estar associado ao período de chuva, visto que nesse dia a precipitação chegou a 29,1 mm.

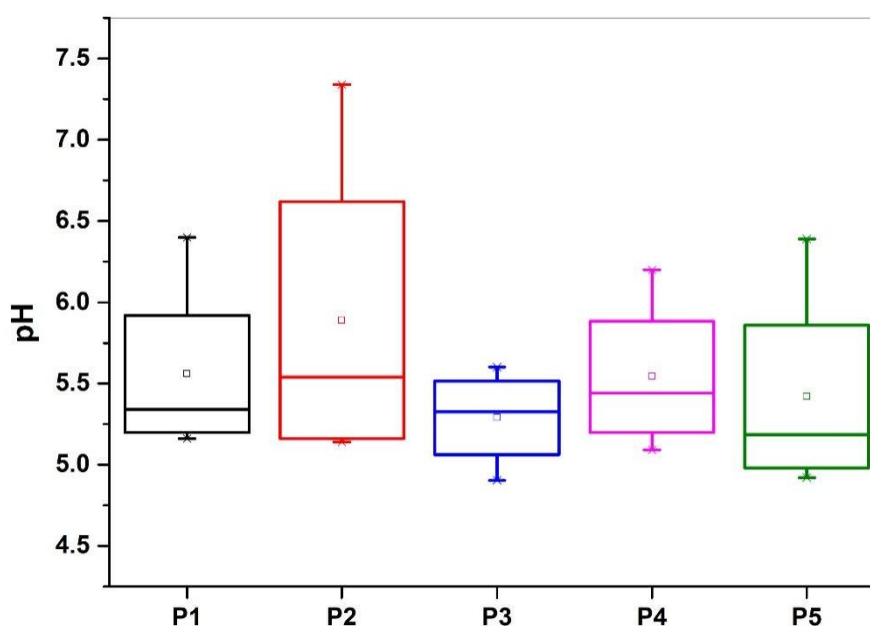
De modo geral, as leituras de Turbidez foram significativas nesta pesquisa, uma vez que foi possível identificar resultados satisfatórios em relação a partículas em suspensão, e a associação do aumento do nível de turbidez com o aumento da pluviosidade que ocorreu no período. Os valores apresentaram condizentes com os valores estabelecidos pela Portaria, porém somente na última coleta a Fonte do Padovani (P2) indicou 6,4 UT, ficando fora da faixa aceita pelos órgãos fiscalizadores, no qual estabelece valor máximo permitido em 5 UT (Portaria GM/MS N°888, 2021). A alteração pode ser decorrente à precipitação que ocorreu nesse período, o excesso de chuva pode ter contribuído para a proliferação de algas, aumentando a presença de partículas em suspensão na água.

A leve alteração que foi observada na Fonte da região do Lago (P4) pode estar relacionada com outras fontes como, por exemplo, a Fonte do Tarquínio (P1) o qual foi observada que pertence à mesma bacia hidrográfica e as alterações dos resultados ocorreram no mesmo período de coleta, ainda assim não se deve descartar a possibilidade de que tenha sido movido algum material orgânico ou inorgânico no local.

4.2.2 pH

Segundo a Resolução nº 396/2008 do CONAMA, os valores permitidos para pH de água subterrânea é entre 6,0 a 9,0. Na Figura 10, estão descritos os valores obtidos do parâmetro de pH nos pontos coletados.

Figura 10 - Gráficos de box plot para os valores de pH observados nos pontos amostrais durante coletas nas estações do ano (n = 4).



Na primeira coleta, todas as fontes apresentaram valores semelhantes, com pH entre 5,04 a 5,24, valores mais ácidos que o permitido pela legislação.

Dentre as fontes analisadas, a Fonte do Padovani (P2) apresentou, na segunda coleta, o valor mais alto quando comparado nos demais períodos, de pH de 7,34. As Fontes do Lago (P4) e Cascavel Velho (P5) apresentaram pH de 6,2 e 6,39, respectivamente. Mantendo-se ácida a Fonte do Tarquínio (P1) e Fonte dos Mosaicos (P3).

Na terceira coleta somente a Fonte do Tarquínio (P1) apontou valor dentro do intervalo preconizado com pH 6,4 e as demais Fontes apresentaram valores de 5,3 a 5,9.

Vale ressaltar que somente na terceira coleta que o Tarquínio ficou dentro da faixa, visto que nas demais coletas os valores foram entre 5,16 a 5,44. O mesmo ocorreu na

Fonte do Padovani, Lago e Cascavel velho, pois somente na segunda coleta ficou dentro da faixa preconizada pela legislação.

De modo geral, o menor valor registrado foi na Fonte dos Mosaicos (P3), identificado o valor de 4,91 de pH no dia 25 de julho de 2022, na quarta coleta.

Os valores médios de pH de cada fonte, entre 5,3 a 5,9, indicam similaridade das fontes neste parâmetro, apesar de estarem localizadas em bacias hidrográficas diferentes. Essa influência pode estar em razão ao tipo do solo presente no local, de acordo com Borges *et al* (2003), a maior concentração de H^+ pode ser decorrente ao tipo de solo.

As alterações de pH que apresentaram-se mais ácidas na média, pode ser por ação natural, visto que a água por ser um solvente natural tem a capacidade de dissolver substâncias químicas e ocasionando na degradação de rochas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

O ecossistema aquático pode apresentar um pH variando de 4 a 6, decorrente da presença de ácidos orgânicos, como ácidos húmicos e fúlvicos, que apresentam solubilidade parcial em água. Valores de pH mais ácidos podem ocorrer devido à grande degradação de matéria orgânica presente nos solos e subsolos. Parte desta degradação acelerada deve-se a modificação no ciclo natural dos ecossistemas provenientes de mudanças climáticas e o aporte de poluentes, devido à ação antrópica, incluindo a urbanização (STROKAL, 2019).

A redução no pH pode ocasionar na redução extrema da diversidade da biota aquática, alterando de forma negativa a cadeia alimentar e ecologia aquática (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

Outro fator para a diminuição do pH pode ser relacionado à temperatura, pois com o aumento na temperatura, há maior solubilização de CO_2 , com a formação de ácido carbonico e hidrogenocarbonatos, em equilíbrio dinâmico e, portanto, reduz o pH. E essa atividade pode ser vista em rios e lagos, sendo que na superfície valores de pH apresenta-se mais elevados e no fundo, os valores de pH diminui. E isso ocorre devido à fotossíntese e processos respiratórios (liberação de gás carbônico) (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

Segundo descrito no documento Procedimentos de Controle e Vigilância da Qualidade da Água, produzido pelo Ministério da Saúde em 2012, em razão de dúvidas

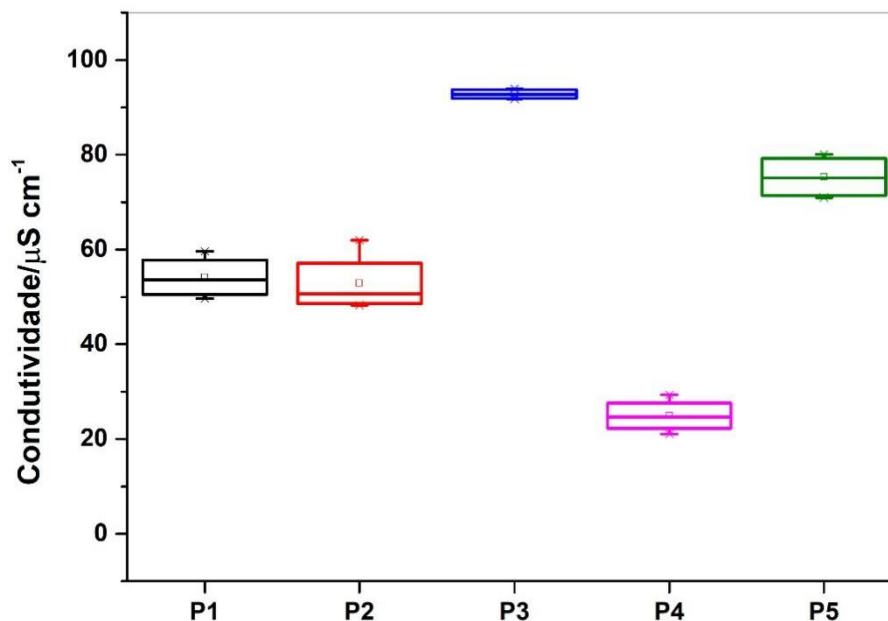
da Portaria 2.914/2011, os valores de pH que excedam os limites, mas não valores discrepantes, deve-se compreender que está água não esteja completamente inapta para o consumo humano.

4.2.3 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica (CE) é de fator muito importante na análise da qualidade da água, no qual se pode considerar um indicador indireto de poluição, visto que a presença de íons dissolvidos nas águas, frequentemente está relacionada a despejo de esgoto (Chalupová *et. al.*, 2012). Segundo a OMS (2003), cada pessoa consome por dia em média 6 g de íons cloreto, e as concentrações excedem 15 mg L^{-1} no esgoto bruto.

Na área de estudo, a condutividade da primeira amostragem na Fonte do Tarquínio (P1) apresentou-se com valores médios de $59,64 \mu\text{S cm}^{-1}$, reduzindo a cada amostragem até $49,71 \mu\text{S cm}^{-1}$. Na Fonte do Padovani (P2), os valores foram aumentando de $48,26 \mu\text{S cm}^{-1}$, a $62,01 \mu\text{S cm}^{-1}$. A Fonte do mosaico (P3) apresentou valores mais altos de condutividade com $93,93 \mu\text{S cm}^{-1}$, e os menores valores obtidos foram do Lago (P4) com $21,06 \mu\text{S cm}^{-1}$, (Figura 11). Contudo, somente a Fonte do Lago apresentou valores abaixo para água potável, as demais fontes analisadas ficaram dentro da faixa aceitável 30-1500 $\mu\text{S cm}^{-1}$ para água potável (CWT, 2004).

Figura 11 - Gráficos de box plot para os valores de condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$) observados nos pontos amostrais durante coletas nas estações do ano ($n = 4$).



Os meses de maior precipitação podem provocar a diminuição da concentração de íons nas águas, por efeito de diluição. Quanto à contaminação da água é possível identificar-se quando a condutividade está com valor médio de $350 \mu\text{S cm}^{-1}$, tornando a água com indicação de poluição, sendo para o uso doméstico inadequada (SILA, 2019).

4.2.4 Sólidos Totais

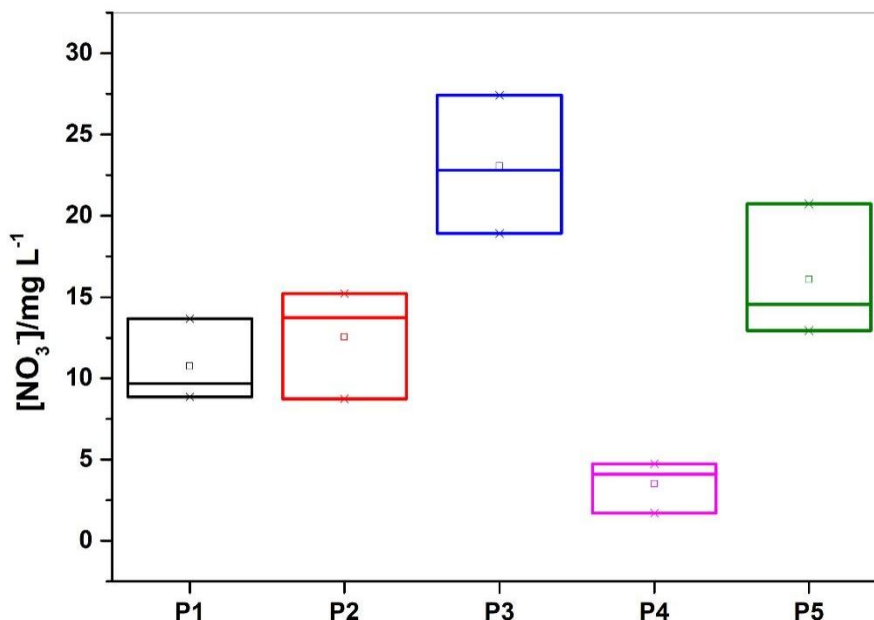
Em relação aos resultados de sólidos totais, os valores encontrados foram próximos à zero em todos os pontos coletados em diferentes períodos, estando de acordo com a Portaria nº 2.914/2011 e o CONAMA, Resolução nº 396/2008, pois as água com teores de sólidos totais menores que 1000 mg L^{-1} são satisfatórias para uso doméstico.

4.2.5 Nitrato

Os valores máximos e mínimos das concentrações de nitrato nas Fontes estudadas estão apresentadas na Figura 12. A Fonte dos mosaicos (P3), destaca-se por demonstrar concentrações maiores de nitrato, diferindo das demais, vale ressaltar que a mesma encontra-se na BP3, enquanto que as outras estão presentes na bacia do rio Iguaçu, logo

o P4, Fonte do Lago, destaca-se por apresentar concentrações muito menores contrapondo as outras Fontes.

Figura 12 - Gráficos de box plot para os valores de nitrato (mg L^{-1}) observados nos pontos amostrais durante coletas nas estações do ano ($n = 4$).



Todas as amostragens apresentaram valores de nitrato abaixo do VMP permitido para nitrato de $44,3 \text{ mg L}^{-1}$ (Portaria GM/MS N°888, 2021).

O nitrato está presente em corpos d'água como metabólito natural do processo de nitrificação (conversão amônia \rightarrow nitrito \rightarrow nitrato). Quantidades altas podem resultar na proliferação de algas. As principais fontes de poluição por nitrato são a lixiviação de fertilizantes utilizados na agricultura, esgotos sanitários humanos e animais sem tratamento adequado (fossas assépticas, por exemplo ou descarte inadequado no solo) e até deposição atmosférica de poluentes (AQUINO *et al.*, 2014; PEREIRA *et al.*, 2020). Desta forma, podem ser conduzidos para os cursos d'água, pelo interior de rocha e solo até alcançar as águas subterrâneas da região.

Mesmo que as concentrações de nitrato estejam abaixo do VMP estabelecido pela legislação, o consumo constante de águas pode ocasionar em longo prazo a formação de metemoglobinemia, um distúrbio sanguíneo caracterizado pela presença circulante da metemoglobina e no qual menos oxigênio do que de costume é fornecido às células do corpo (SANTOS, 2014).

4.2.6 Correlação entre Condutividade e Nitrato

Com base nos resultados obtidos de condutividade elétrica e nitrato, foi realizado um estudo de correlação entre essas variáveis incorporando os dados analíticos que indicaram a concentração de nitrato possui correlação positiva com a CE. Com os dados de amostragem na Primavera, Verão e Inverno, verificou-se a correlação linear entre os dados (Figura 13 e Tabela 3). Esta correlação foi possível, pois os valores de matéria orgânica são baixos, assim como a turbidez e sólidos dissolvidos, podendo ser uma metodologia viável para águas de fontes urbanas.

Figura 13 - Correlação entre valores de condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$) e concentração de nitrato (mg L^{-1}) encontrada para amostras coletadas em diferentes estações do ano ($n=4$). Os valores referem-se à média dos valores. Equação da reta: $\text{Abs.} = -3,86775 + 0,33212 [\text{NO}_3^-]$, com $r = 0,9988$ e $R^2 = 0,9968$. $T = 25,0\text{ }^\circ\text{C}$.

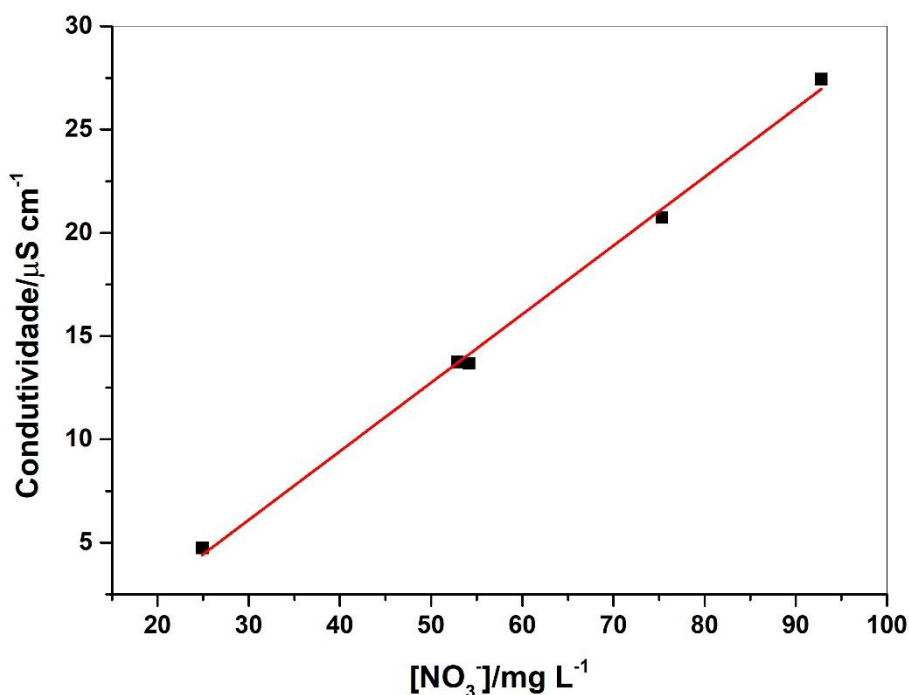


Tabela 3 - Valores de equação da reta, coeficiente de Pearson (r) e coeficiente de determinação (R^2) da correlação entre condutividade iônica e concentração de nitrato para as coletas de primavera, verão e inverno.

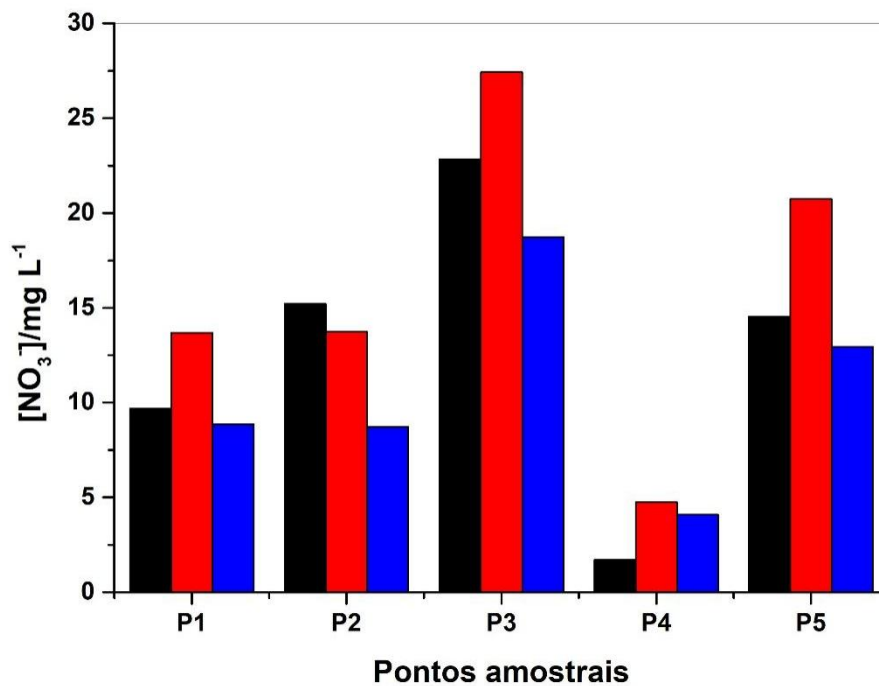
Época	Equação da reta	Coefficiente de Pearson (r)	Coefficiente de determinação (R ²)
Primavera	Cond = 21,68614 + 3,9891[NO ₃]	0,9992	0,9979
Verão	Cond = 11,10928 + 1,9853[NO ₃]	0,9973	0,9928
Inverno	Cond = 5,02191 + 4,85188[NO ₃]	0,9785	0,9919

4.2.7 Nitrato nas estações do ano

Das análises realizadas entre os pontos, foi observado diferenças quanto a concentrações de nitrato nas estações do ano (Figura 14). Das três estações observadas, foram identificadas concentrações de nitrato maiores no verão, nos pontos P1, P3, P4 e P5. Esses valores podem estar relacionados com temperatura elevada, visto que pode ocasionar na decomposição de matéria orgânica, logo provocando maiores chances de lixiviação de nitrato (VIEIRA, 2017).

Também se pode observar que no Inverno os pontos P1, P2, P3 e P5 tiveram uma diminuição de nitrato, sendo nesta estação obteve-se diferenças estatísticas significativas entre o P3 e P4.

Figura 14 - Concentração de nitrato (mg L⁻¹) nos pontos amostrais nas coletas em três estações do ano: (■) primavera; (■) verão; (■) inverno.



4.2.8 Condutividade elétrica e pH nas diferentes estações do ano

A variação nos valores de pH e condutividade nos pontos amostrais ao longo das estações do ano pode ser observada nas Figuras 21 e 22.

Há tendência de aumento na condutividade na estação verão para os pontos P1 (Tarquínio), P2 (Padovani) e P4 (Lago), mantendo-se estável nos outros pontos (Figura 15). Esse aumento pode ter sido influenciado devido à precipitação que ocorreu nessa estação.

Na Figura 16, observa-se que os meses de verão e outono tem aumento no valor de pH, menos ácidos que nos outros meses.

Figura 15 - Gráfico de radar da condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$) para os diferentes pontos amostrais nas quatro estações do ano.

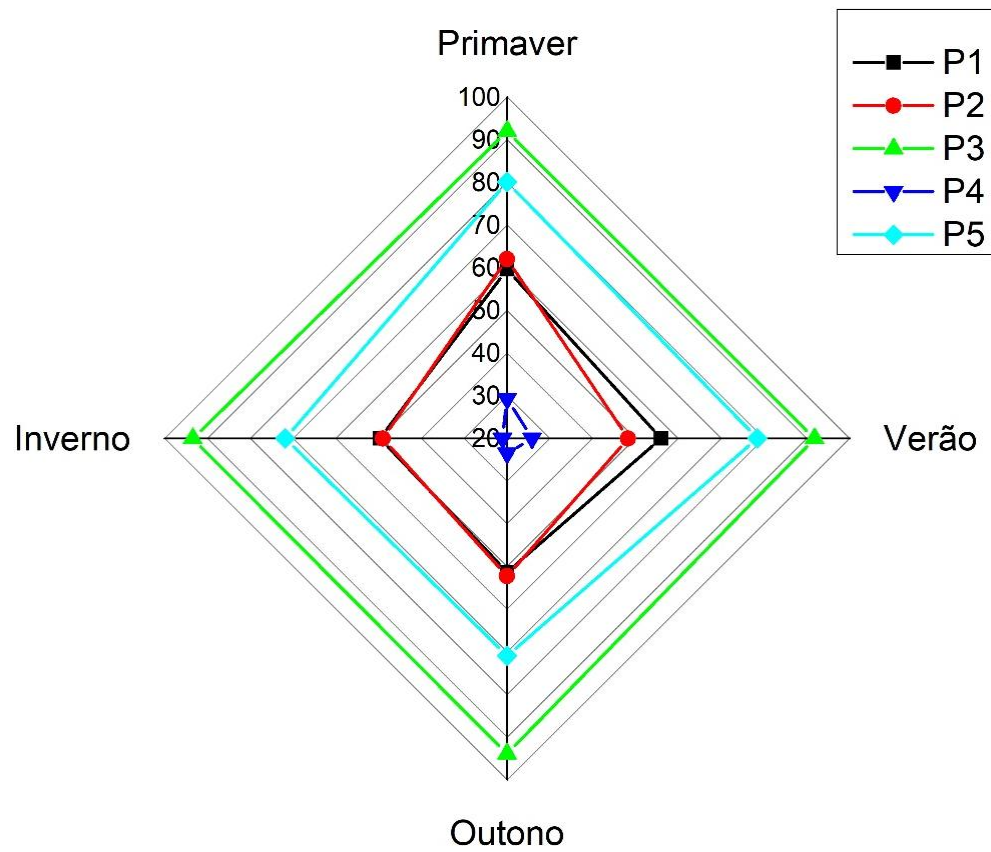
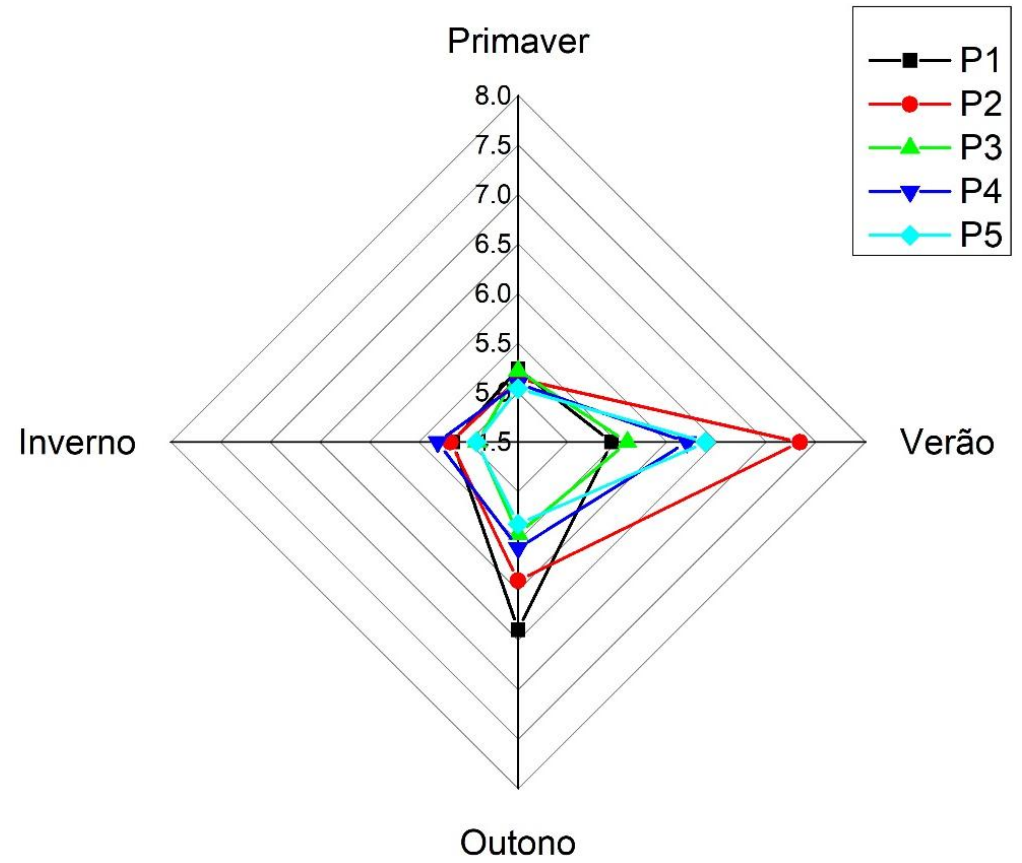


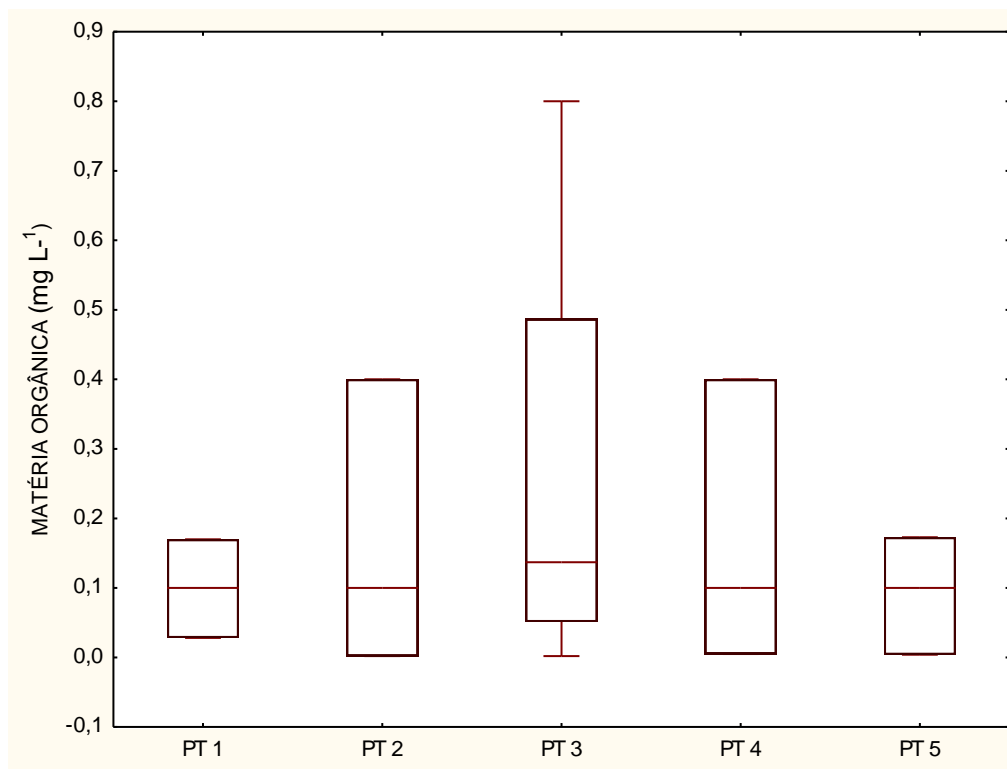
Figura 16 - Gráfico de radar do pH para os diferentes pontos amostrais nas quatro estações do ano.



4.2.9 Matéria orgânica

Na Figura 17 são apresentados valores de matéria orgânica dos pontos, no qual a Fonte do Mosaico (P3) apresentou maior concentração de matéria orgânica com valores de $0,8 \text{ mg L}^{-1}$ comparada as demais fontes. Demonstrou-se menor concentração na Fonte do Padovani (P2) e Fonte do Lago (P4) com valor máximo $0,4 \text{ mg L}^{-1}$. Notou-se que os valores sofreram leve alteração no período que houve precipitação. Isso por que no período que houve precipitação se obteve maior incidência solar no que favorece a fotossíntese e, portanto o aumento da proliferação de algas (NASCIMENTO, 2021).

Figura 17 – Valores de matéria orgânica.



Observando os resultados, todas as amostras analisadas apresentaram valores abaixo do limite máximo estabelecido pela Resolução do CONAMA 357/05, ao qual determina valor máximo de até 10 mg L^{-1} .

A matéria orgânica pode causar a eutrofização, com impactos negativos para corpos hídricos (KNAPIK, 2009). A oxidação da matéria orgânica consome o oxigênio

dissolvido na água, diminuindo sua disponibilidade aos seres vivos (PEREIRA *et al.*, 2020)

4.2.10 Parâmetros microbiológicos

Os resultados microbiológicos, descritos na Tabela 4, e obtidos do Laboratório de Águas e Alimentos da Fundação para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico de Cascavel (FUNDETEC), mediante parceria, indicaram presença de coliformes totais nos pontos 1 (Fonte do Tarquínio), 5 (Fonte do Cascavel Velho, 6 (Fonte do Morumbi) e 7 (Fonte Santos Dumont) e presença de coliformes termotolerantes somente no ponto 7.

Os resultados microbiológicos realizados no ano de 2017 já indicavam contaminação por Coliformes Totais e *Escherichia coli*, em vários períodos de amostragem, como é possível observar na Tabela 4 (SOUZA, 2017).

Tabela 4 – resultados microbiológicos obtidos por Fundetec

PARÂMETROS	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	VMP
Coliformes totais	Presença	-	-	-	Presença	Presença	Presença	Ausência
Coliformes termotolerantes	Ausência	-	-	-	Ausência	Ausência	Presença	Ausência
14/04/21								
Unidade de medida UFC/ 100 mL								
P = Ponto; VMP = Valor máximo permitido.								

Fonte: FUNDETEC, 2021.

Tabela 5 – resultados microbiológicos obtidos por Souza (2017)

PARÂMETROS	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	VMP	Data
Coliformes totais	Presença	Presença	Presença	Presença	Presença	-	Presença	Ausência	02/17
<i>E. coli</i>	Ausência	Presença	Ausência	Ausência	Ausência	-	Presença	Ausência	
Coliformes totais	-	Presença	-	-	Ausência	-	-	Ausência	08/05/17
<i>E. coli</i>	-	Ausência	-	-	Ausência	-	-	Ausência	
Coliformes totais	-	Presença	-	-	Presença	-	-	Ausência	16/05/17
<i>E. coli</i>	-	Ausência	-	-	Ausência	-	-	Ausência	
Coliformes totais	-	Presença	-	-	Ausência	-	Presença	Ausência	30/05/17
<i>E. coli</i>	-	Ausência	-	-	Ausência	-	Ausência	Ausência	
Coliformes totais	Presença	-	Presença	-	-	-	-	Ausência	07/06/17
<i>E. coli</i>	Ausência	-	Ausência	-	-	-	-	Ausência	
Coliformes totais	-	-	-	-	Presença	-	-	Ausência	13/06/17
<i>E. coli</i>	-	-	-	-	Ausência	-	-	Ausência	
Coliformes totais	-	-	-	Presença	-	-	-	Ausência	20/06/17
<i>E. coli</i>	-	-	-	Presença	-	-	-	Ausência	
Coliformes totais	-	Presença	-	-	-	-	Presença	Ausência	27/06/17
<i>E. coli</i>	-	Ausência	-	-	-	-	Ausência	Ausência	
Coliformes totais	Presença	-	Presença	-	-	-	-	Ausência	04/07/17
<i>E. coli</i>	Ausência	-	Ausência	-	-	-	-	Ausência	

Unidade de medida UFC/ 100 mL

P = Ponto; VMP = Valor máximo permitido.

Fonte: SOUZA, 2017

A principal causa da presença de coliformes totais e termotolerantes no ambiente aquático podem ser devido ao excesso de esgoto doméstico ou mesmo dejetos de animais e humanos no local. Essa contaminação pode iniciar em determinado local e seguir o curso da água contaminando as demais áreas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

Os coliformes totais não causam doenças, mas em excesso pode ser indicativo de outros microrganismos patogênicos responsáveis pela transmissão de outras doenças veiculadas pela água como a cólera e febre tifóide.

4.2.11 Análise de Componentes Principais

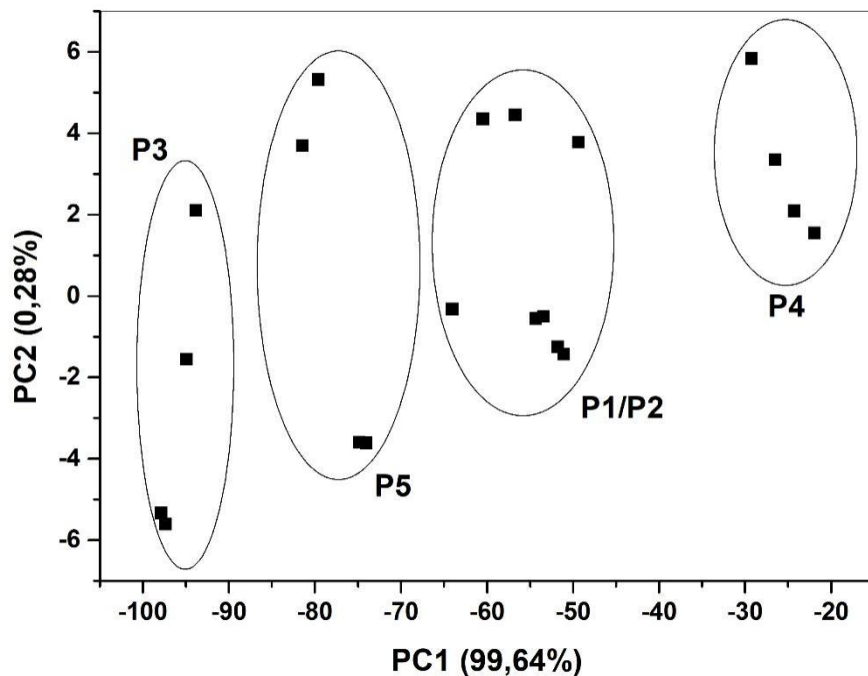
Para a Análise dos Componentes Principais (PCA) utilizou-se os parâmetros de pH, condutividade, turbidez e concentração de nitrato.

A Figura 18 apresenta os *score plots* da PCA verificando-se que estes parâmetros são estatisticamente suficientes para haver a discriminação das fontes estudadas. Esta Figura mostra que as águas nos pontos P1 (Tarquínio) e P2 (Padovani) são similares entre si e é possível verificar a diferença entre os pontos P3 (Mosaico), P4 (Lago) e P5 (Cascavel Velho).

Os pontos P1 e P2 estão na mesma Bacia Hidrográfica (Iguaçu) e apresentam-se em regiões urbanizadas muito similares. A distância observada entre o ponto P3 (Mosaico) e P4 (Lago) reflete claramente a diferença entre ambos, pois o ponto P4 encontra-se em área com mata nativa preservada, enquanto que o ponto P3 encontra-se em região altamente urbanizada (centro da cidade), com praticamente nulidade de vegetação nativa (ver Figura 7), indicando que esta metodologia pode ajudar a discriminar entre as amostras de águas de diferentes fontes, mesmo não se conhecendo a procedência.

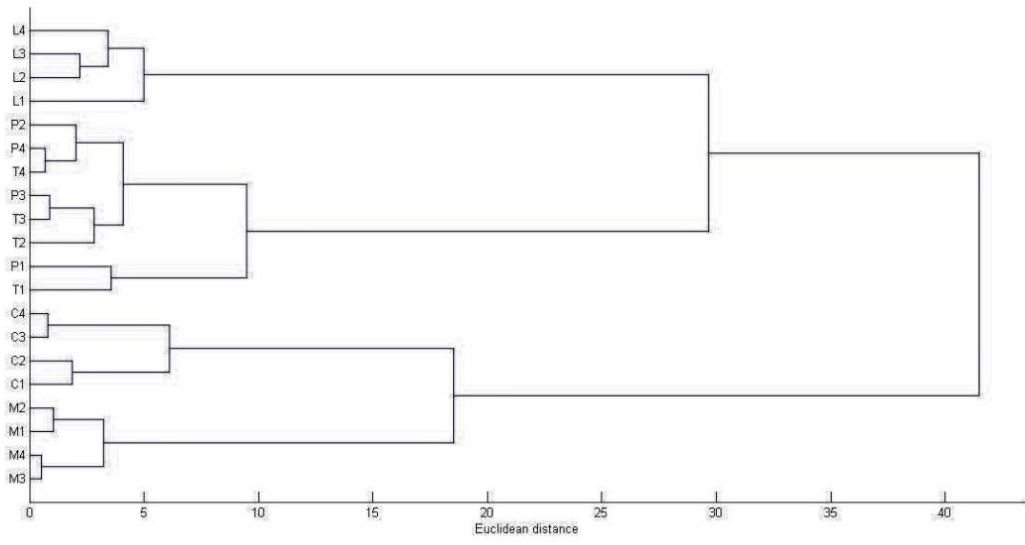
Analisando os resultados obtidos por Hongyu *et al* (2015) a Análise de Componentes Principais, possibilitou a extrair cinco variáveis com baixa variabilidade, visto que estavam relacionadas com as de maior relevância para dois PCs. Consequentemente poucos números de variáveis foram o suficiente para justificar a variação total, demonstrando que não houve perdas significativas.

Figura 18 - Gráfico de pontuação (*score plot*) da Análise de Componentes Principais (PCA) para distinção entre as fontes de água das amostras. Utilizou-se os parâmetros de pH, condutividade, turbidez e concentração de nitrato.



O dendograma (Figura 19) mostra também a separação das fontes em diferentes grupos, de acordo com os parâmetros analisados, corroborando com os resultados obtidos de PCA.

Figura 19 - Dendograma Análise de Grupos Hierárquicos (HCA) para distinção entre as fontes de água das amostras. Utilizou-se os parâmetros de pH, condutividade, turbidez e concentração de nitrato.



5. CONCLUSÃO

Conclui-se que o monitoramento da qualidade da água é de extrema importância e fundamental para desenvolver informações sobre a bacia das fontes do estudo. Contudo, o monitoramento das fontes de água estudadas está defasado, com longos períodos sem análises físico-químicas ou microbiológicas. A ausência de monitoramento acaba refletindo em ações tardias em algumas regiões, em relação à gestão dos corpos hídricos.

Os resultados dessa pesquisa têm grande importância em relação às águas subterrâneas, visto que se deve investir em saneamento básico, políticas públicas, a fim de reduzir contaminações em águas, no qual acarreta em danos à saúde da população.

Verificou-se com o procedimento acima descrito e efetuado na referida amostragem, existiram resultados semelhantes entre os períodos de coleta, independentemente de precipitação de chuva, ou com relação à vegetação, o pH apresentou-se pouco parecido.

Os valores encontrados para o parâmetro de nitrato indicam contaminação nos corpos hídricos por ação antrópica, como lançamentos de esgotos. As áreas dos pontos analisados possuem alterações na vegetação essas atividades contribuem para mudanças na qualidade da água.

A condutividade e o nitrato tiveram correlação positiva, portanto pode ser uma técnica utilizada como indicador de qualidade da água, já que os valores de condutividade se mantiveram constantes com os valores de nitrato.

A utilização do PCA e HCA permitiu demonstrar que com poucos parâmetros é possível realizar a discriminação nas amostras das águas nas fontes, criando um perfil químico simplificado que permite rastrear as fontes mesmo sem conhecer a procedência, diminuindo custos e agilizando medidas mitigadoras de possíveis contaminações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEN, AGÊNCIA ESTADUAL DE NOTÍCIAS. **GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ**. CASCAVEL, 2022.

ÁGUAS, T. A.; SILVA, Y. F.; MAIA, N. J. C.; BRAZ, A. M. **Análise Multivariada para Caracterização da Qualidade da Água Próxima a uma Pequena Central Hidroelétrica**. 2020.

ALMEIDA, A. C.; CÂNDIDO JÚNIOR, J. F.; **A importância de parques urbanos para a conservação de aves**. Umuarama, 2017.

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.

AOAC – ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists**. Maryland: AOAC, 2005.

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater**. 22. ed. Washington, D. C., 2012.

AQUINO, D. N.; ANDRADE, E. M.; LUNA, S. R.; LOPES, F. B.; CRISÓSTOMO, L. A.; **Dinâmica da Contaminação por Nitrato em Água Subterrânea de Distrito de Irrigação no Nordeste Brasileiro**. Fortaleza, 2014.

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

BASSO, B. S.; *et al.*; **O Lazer e o Urbanismo em Cascavel-Pr: Praça do Mosaico**. Anais do 15º Encontro Científico Cultural Interinstitucional e 1º Encontro Internacional, 2017.

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

BICUDO, C. E. de M.; Tundisi, J.G.; **Águas do Brasil: análises estratégicas**. São Paulo, Instituto de Botânica, 2010.

BLANK, D. E.; VIEIRA, J. G. **Caracterização Físico-Química e Microbiológica de Água de Poços Rasos do Bairro Três Vendas, Pelotas-Rs**. Rio Grande, 2014.

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

BORGES, M. J.; *et al.*; **Monitoramento da qualidade hídrica e eficiência de interceptores de esgotos em cursos d' água urbanos da Bacia Hidrográfica do Córrego Jaboticabal**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

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.**

Brasileira De Geociências, V. 35, N.4, 2005.

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

CAMPOS, R. F. **Análise da Qualidade das Águas Subterrâneas e determinação do Índice de Vulnerabilidade do Aquífero Serra Geral no Município de Medianeira – PR.** 2015.

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

CARVALHO, S. L.; **Medidas que Preservam Nascentes e Mananciais.** São Paulo, 2004.

CASTRO, A. B. C.; CASTRO, S. R. S. **Banheiro ecológico uma alternativa sustentável para comunidades no interior da Amazônia.** Nature and Conservation, 2019.

CAVALCANTE, K. L.; DEON, M. D.; SILVA, H. K. P.; CUNHA OLIVEIRA, J. V. **Comportamento de nitrato e da condutividade elétrica na água de drenagem da irrigação de sorgo sacarino com efluente sintético.** Campina Grande-PB , 2015.

CAVALCANTE, F. L.; *et al.*; **Análise de Componentes Principais Aplicada à Desinfecção Solar de Águas Cinzapas para Reúso no Semiárido Potiguar.** São Paulo, 2018.

CENSO CRESCIMENTO ANUAL CASCAVEL. Disponível em: <
[https://geocascavel.cascavel.pr.gov.br/geoview/faces/sistema/dashboard.xhtml?registrar=alse](https://geocascavel.cascavel.pr.gov.br/geoview/faces/sistema/dashboard.xhtml?registrar=false)>. Acesso em: 07 set. 2022.

CHALUPOVÁ, D.; HAVLÍKOVÁ, P.; JANSKÝ, B.; **Water quality of selected fluvial lakes in the context of the Elbe River pollution and anthropogenic activities in the floodplain.** Outubro, 2012.

Clean Water Team (CWT) 2004. Folha informativa de condutividade elétrica/salinidade, FS3.1.3.0(EC). Em: O Compêndio de Orientação da Equipe de Água Limpa para Monitoramento de Bacias Hidrográficas e Avaliação, Versão 2.0. Divisão de Qualidade da Água, Água do Estado da Califórnia Conselho de Controle de Recursos (SWRCB),

Sacramento, CA.” Disponível em:

https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130en.pdf Acesso em: 24 jul. 2022.

CLERC, H.; MOREAU, A. **Microbiological safety of natural mineral water**. FEMS Microbiol. Rev.,v.26, p.207-222, 2002.

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

COSME, B. B., *et al.* **Avaliação de Risco Relativo de Doenças de Veiculação Hídrica de Fontes de Abastecimento Individual de Água Subterrânea Localizadas no Bairro Guriri, São Mateus-Es**. Espírito Santo, 2021.

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.

Brasília. ANA, 2011. Disponível em: < <https://books.scielo.org/id/sn23w/pdf/baumgartner-9788576285861-06.pdf> >. Acesso em: 04 set. 2022.

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.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento>>. Acesso em: 22 mar. 2022.

GARDELHA, F. J. S.; DOMINGOS, M. S. C.; NOGUEIRA, M. F. L.; SILVA, M. L. L.; MACEDO, R. E. F.; SOUZA, G. C.; NESS, R. L. L.; **Verificação da presença de nitrito em águas de consumo humano da comunidade de várzea do cobra em limoeiro do norte-CE**. Fortaleza, Ce. Julho, 2005.

GOOGLE. **Google Earth**. Website. Disponível em:<<https://earth.google.com/web/@-24.96377901,53.43881436,718.48263287a,33279.41326671d,34.99999703y,0h,0t,0r>>. Acesso em: 21 jul. 2021.

GOMES, P. W. P., *et al.* **A aplicação da técnica multivariada (PCAe HCA) em dados microbiológicos e físico-químicos de méis comercializados em Cachoeira do Arará e Salvaterra –PA**. Pará, 2017.

GRISON, F., *et al.* **Análise preliminar de geometria hidráulica da bacia hidrográfica do rio Iguaçu**. 2014.

GUEDES, H. A. S., *et al.* **Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG.** PB, 2012.

Guidance on Natural Organic Matter in Drinking Water. Document for Public Consultation, CANADA, 2019.

GUMY, M. P.; BIGUELINI, C. P. **Saúde Ambiental: Índices de Nitrato em Águas Subterrâneas de Poços Profundos na Região Sudoeste do Paraná.** Brasil, 2012.

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

INSTITUTO DE PLANEJAMENTO DE CASCAVEL. Disponível em: <<https://geocascavel.cascavel.pr.gov.br/geo-view/index.ctm>> Acesso em 07 de set. 2022.

KNAPIK, H. G.; *et al.* **DINÂMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA EM ÁGUAS NATURAIS: Estudo de caso do Rio Iguaçu.** XVIII Simpósio Nacional de Recursos Hídricos, 2009.

LINDINO, C. A.; JOHAN-TRONCO, A. S.; BAUMGARTNER, D.; PEREIRA, E. A.; NOGUEIRA, G. S.; BAUMGARTNER, G.; TABORDA, J.; CAVALIERI-SOARES, J. A.; CASTRO, G. M.; GENARI-POZZOBON, M. G.; GOMES-CORRÊA, M. S.; TAVARES, M. M.; SEBASTIEN, N. Y.; SANCHES, P. V.; HICKSON, R. G.; DEBONA, T. **Eu, Rio Toledo, Qualidade Ambiental E Perspectivas Futuras.** EDUNIOESTE, 2020, 201p.

LOURENÇO, J. F. S.; **ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DAS ÁGUAS DOS RIOS GUANDU DO SENA, RIO PRATA DO MENDANHA E GUANDU-MIRIM, RIO DE JANEIRO.** Rio de Janeiro, 2017.

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

MATTOS, M. L. T. **Microbiologia do solo.** Cap. 8. Editora Cubo, 2015.
MENDES, C. F.; SOUSA, R. E.; **Funções da paisagem: análise dos parques tarquínio, vitória e paulo gorski da cidade de Cascavel/PR.** Cascavel, 2020.

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

MING-DAO, V, Y.; **Clearing Up Murky Waters: Clarifying the Relationship Between Indicator Organisms and Disease in Recreational Water Settings.** 2011.

Monitoramento e Avaliação da Qualidade da Água - Monitoramento Voluntário. EPA, 2012. Disponível em: <<https://archive.epa.gov/water/archive/web/html/index-18.html>> Acesso em: 24 jul. 2022.

NASCIMENTO, A. R. M.; **Produção e Consumo De Oxigênio e Sua Influência Na Remoção De Nutrientes Em Lagoas De Polimento.** Natal/RN, 2021.

NASCIMENTO, S. A. M; BARBOSA, J. S. F. **Qualidade Da Água Do Aquífero Freático No Alto Cristalino De Salvador, Bacia Do Rio Lucaia, Salvador, Bahia.** Revista

NSF - **National Science Foundation**, 2022. Disponível em: <https://www.nsf.org/about-nsf>
Acesso em: 31 de out. 2022.

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

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

PANERO, F. S.; VIEIRA, M. F. P.; CRUZ, Â. M. F.; MOURA, M. F. V.; SILVA, H. E. B.; **Aplicação da Análise Exploratória de Dados na Discriminação Geográfica do Quiabo do Rio Grande do Norte e Pernambuco**. 2009

PEREIRA, E. A.; POZZOBON, G. M. G.; FORNARI, M. M. T.; LINDINO, C. A. Dados históricos da qualidade da água do rio Toledo. In: *Eu, rio Toledo: qualidade ambiental e perspectivas futuras*. Cascavel (PR): EDUNIOESTE, 2020.

PINTO, L. V. A. **Caracterização física da sub-bacia do ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG, e propostas de recuperação de suas nascentes**. 2003. 165 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

PINTO, M. C. F. Manual medição *in loco*. **Temperatura, pH, Condutividade Elétrica e Oxigênio Dissolvido**. CPRM, Serviços Geológicos do Brasil. Belo Horizonte, 2007.

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.

PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE CASCAVEL – PDI. **Relatório de avaliação ambiental**. Cascavel, 2012.

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

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.

SANTOS, C, E, M.; **Nitratos e Nitritos**. Junho, 2014. Disponível em: <
https://www.fsp.usp.br/nara/wp-content/uploads/2014/06/newsinrisk_1.pdf> Acesso em:
06 set. 2022.

SANTOS, C. E. M.; **NITRATOS e NITRITOS**. NEWS IN RISK - Núcleo de Pesquisas em Avaliação de Riscos Ambientais. 2014.

SILA, O. N.; **Physico-chemical and bacteriological quality of water sources in rural settings, a case study of Kenya, Africa**. Março, 2019.

SMA.; **Cadernos de Educação Ambiental Matas Ciliares**. Governo do Estado de São Paulo Secretária do Meio ambiente, 2014.

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

SOUZA, J. F. V.; MEZZAROBBA, O.; **KNOW NOT TO BE DELUSIONED: (Re) reading the ESG Fundamentals**. CONPEDI LAW REVIEW | XI ENCONTRO INTERNACIONAL DO CONPEDI CHILE – SANTIAGO, 2022.

STROKAL, M.; **Global multi-pollutant modelling of water quality: scientific challenges and future directions. Current Opinion in Environmental Sustainability**. 2019.

TUNDISI, J. G; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
UN-WATER,; Policy Brief. **Qualidade da água**. 2011

VARNIER, C.; **Nitrato nas águas subterrâneas: desafios frente ao panorama atual / São Paulo**. Conselho Estadual de Recursos Hídricos, Câmara Técnica de Águas Subterrâneas. São Paulo, 2019.

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.

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