

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE – UNICENTRO-PR
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM ENGENHARIA
SANITÁRIA E AMBIENTAL

LUCIANO MARCOS ANTONIO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM NASCENTES
DO MUNICÍPIO DE PRUDENTÓPOLIS - PR**

IRATI – PR

2023

LUCIANO MARCOS ANTONIO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM NASCENTES
DO MUNICÍPIO DE PRUDENTÓPOLIS - PR**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Strictu Sensu* em Engenharia Sanitária e Ambiental, Associação ampla entre a Unicentro e a UEPG, área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos, para a obtenção de título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Valdemir Antoneli

IRATI - PR

2023

Catálogo na Publicação
Rede de Bibliotecas da UNICENTRO

A635a Antonio, Luciano Marcos
Avaliação da qualidade da água em nascentes do município de Prudentópolis - PR / Luciano Marcos Antonio. -- Irati, 2023.
x, 53 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos, 2023.

Orientador: Valdemir Antoneli

Banca examinadora: Valdemir Antoneli, Daniel Bartiko, Kely Viviane de Souza

Bibliografia

1. Qualidade da água. 2. Solo-cimento. 3. Uso do solo. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental.

| CDD 628.4



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE - UNICENTRO
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação - PROPESP
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental
Associação ampla entre a UNICENTRO e UEPG



TERMO DE APROVAÇÃO

Luciano Marcos Antonio

Avaliação da qualidade da água em nascentes do município de Prudentópolis - PR

Dissertação aprovada em 16/03/2023, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre, no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Sanitária e Ambiental, área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, pela seguinte Banca Examinadora:


Dr. Valdemir Antonelli

UNICENTRO

Orientador e Presidente da Banca

Documento assinado digitalmente




DANIEL BARTIHO
Data: 21/03/2023 11:56:17 -0300
Verifique em <https://validar.dig.gov.br>

Dr. Daniel Bartiho

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Primeiro Examinador


Dra. Kely Viviane de Souza

UNICENTRO

Segunda Examinadora

Irati-PR, 16 de março de 2023.

www3.unicentro.br/ppgesa

Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Sanitária e Ambiental – PPGEA/UNICENTRO – Campus de Irati-PR
Rua Profª Maria Rosa Zanoni de Almeida, Bairro Engenheiro Guimarães - CEP: 84.505-077 - Irati/PR – (42) 3421-3017

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Markiano e Cecília, aos meus filhos Náthalie e Dimitri, à minha amada neta Donatella, ao meu amado neto Fabrício, para a Claudia, as pessoas mais importantes da minha vida, por serem meu motivo diário de acordar e estar sempre melhorando, os meus irmãos e irmãs, sobrinhos, sobrinhas, toda minha família, aos afilhados e afilhadas, aos meus amigos e amigas, que tanto me ajudaram e colaboraram para a elaboração desse trabalho, pelas palavras de carinho e estímulo, por todo o apoio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que participaram desta dissertação e confiaram no sucesso deste projeto. Ao meu Orientador Prof. Dr. Valdemir Antoneli por ter acreditado e depositado sua confiança em mim no período deste trabalho. Por ter deixado de lado seus momentos de descanso ou outro trabalho a realizar para me ajudar e me orientar. Por acompanhar nas coletas de algumas amostras de água nas nascentes do município.

Agradeço especialmente a algumas pessoas que passaram junto comigo pelos momentos mais difíceis da minha vida. Tive um período sério de doença que está sendo superado também com a ajuda destas pessoas. Minha namorada Cláudia, meu filho Dimitri, minha filha Náthalie, minha neta Donatella, meu neto Fabrício, minha Psiquiatra Yasmin Andrade e minha Psicóloga Terapeuta Laís Machado entre outros. Sem vocês não seria possível estar concluindo meu mestrado, minha dissertação. Quero registrar aqui o apoio especial recebido pela Secretária Joelma, que desde o início compreendeu a necessidade de um prazo maior devido aos acontecimentos passados por mim.

Agradeço ao pessoal do laboratório ambiental que me ajudou a realizar as análises necessárias para proporcionar os resultados aqui apresentados, a Ana Maria Charnei, a Karoline de Souza Cardozo, Caroline Manzato, a Elaine Golinski e ao Carlos Raphael Pedroso a minha gratidão.

Ao meu pai Markiano Antonio por todo apoio financeiro na vida estudantil e por acreditar no meu potencial. Agradeço a minha mãe Cecília por sempre me incentivar nos estudos, por exigir sempre que eu desse o melhor de mim. Gratidão eterna a vocês!

RESUMO

O crescimento desordenado das cidades contribui fortemente para a degradação dos recursos hídricos, comprometendo a qualidade da água e a integridade desses ambientes. A diminuição do nível e a variação das chuvas, o desperdício de água, o aumento no consumo devido ao crescimento populacional, industrial e da agricultura, a contaminação dos reservatórios de água podem vir a degradar todo o ecossistema. As nascentes têm importante papel ambiental pois além de fornecerem água para os córregos e rios que abastecem a sociedade, também são fonte de vida para outros organismos. A preservação das fontes de água é uma medida adotada para evitar prejuízos causados pelo homem, garantindo que todos continuem tendo acesso a esse recurso tão importante, tanto para a sobrevivência dos seres humanos quanto para as plantas e animais. O objetivo deste estudo foi avaliar se o método de recuperação das nascentes no município de Prudentópolis está sendo eficiente através da avaliação de alguns parâmetros. Foram utilizados oito cenários diferentes. Em quatro a recuperação foi no sistema solo-cimento. Foram identificadas 08 nascentes no município de Prudentópolis em diferentes tipos de uso do solo, a saber: agricultura, faxinais com criação de animais de forma extensiva, floresta e área urbana. Em cada tipo de uso do solo foram coletadas amostras de duas nascentes, sendo uma recuperada pelo sistema solo-cimento e outra sem recuperação. Foram realizadas duas campanhas em cada nascente. Os parâmetros utilizados para a avaliação da qualidade da água das nascentes foram: turbidez, pH, fósforo, alcalinidade, coliformes totais e *Escherichia coli*. Nas nascentes em que ocorreu a recuperação, analisando o método de recuperação em si, ocorreu uma menor turbidez, o pH foi mais elevado, e os valores de coliformes totais e *E.coli* foram menores. Quando comparados os dados do mesmo tipo de uso de solo, observa-se que este método de recuperação não é eficiente; no caso de agricultura foi encontrado fósforo em concentração similar nas amostras de nascentes recuperadas e não recuperadas. Na área de floresta fica evidente a diferença entre as nascentes recuperadas e as não recuperadas nos parâmetros *E. coli* e turbidez em pelo menos três vezes os valores, sendo favorável para as recuperadas. No caso de nascentes localizadas nos faxinais, os dados indicaram melhor qualidade de água em todas as variáveis. Mas a presença em quinze vezes maior, de *E. coli*, na nascente não recuperada com relação à recuperada se deve principalmente ao contato de animais. Nos dois casos a água era imprópria para consumo.

Palavras-chave: qualidade da água, solo-cimento, uso do solo.

ABSTRACT

The disorderly growth of cities strongly contributes to the degradation of water resources, compromising water quality and the integrity of these environments. The decrease in the level and variation of rainfall, the waste of water, the increase in consumption due to population, industrial and agricultural growth, the contamination of water reservoirs can degrade the entire ecosystem. Springs have an important environmental role because, in addition to providing water for streams and rivers that supply society, they are also a source of life for other organisms. The preservation of water sources is a measure adopted to avoid damage caused by man, ensuring that everyone continues to have access to this resource that is so important, both for the survival of human beings and for plants and animals. The objective of this study was to evaluate whether the recovery method of springs in the municipality of Prudentópolis is being efficient through the evaluation of some parameters. Eight different scenarios were used. In four, the recovery was in the soil-cement system. Eight springs were identified in the municipality of Prudentópolis in different types of land use, namely: agriculture, farms with extensive animal husbandry, forest and urban area. In each type of land use, samples were collected from two springs, one recovered by the soil-cement system and the other without recovery. Two campaigns were carried out at each source. The parameters used to evaluate the water quality of the springs were: turbidity, pH, phosphorus, alkalinity, total coliforms and *Escherichia coli*. In the springs where the recovery occurred, analyzing the recovery method itself, there was less turbidity, the pH was higher, and the values of total coliforms and *E. coli* were lower. When comparing data from the same type of land use, it is observed that this recovery method is not efficient; in the case of agriculture, phosphorus was found in similar concentration in samples from recovered and non-recovered springs. In the forest area, the difference between the recovered and non-recovered springs in the *E. coli* and turbidity parameters is evident in at least three times the values, being favorable for the recovered ones. In the case of springs located in faxinais, the data indicated better water quality in all variables. But the presence of *E. coli* at fifteen times higher in the non-recovered spring compared to the recovered one is mainly due to animal contact. In both cases the water was unfit for consumption.

Keywords: water quality, soil-cement, land use.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Exemplo de nascente recuperada com a técnica solo-cimento.....	25
Figura 2. Indicação do passo a passo da implantação da técnica de solo cimento no município de Prudentópolis.....	27
Figura 3. Localização da área de estudos.....	30
Figura 4. Uso do solo ao entorno das nascentes em área de floresta. A) nascente recuperada; B) nascente sem recuperação.....	35
Figura 5. Uso do solo ao entorno das nascentes em área de Faxinais. A) nascente recuperada; B) nascente sem recuperação.....	38
Figura 6. Representação do uso do solo ao entorno das nascentes estudadas.....	40
Figura 7. Uso do solo ao entorno das nascentes na área urbana. A) nascente recuperada; B) nascente sem recuperação.....	42
Figura 8. Análise de Componentes Principais (ACP) dos parâmetros de qualidade da água de nascentes submetidas a recuperação (RE) e não recuperadas (SR), no município de Prudentópolis – Paraná. Fo - Floresta; Fa- Faxinal; Ag - Agricultura; Ur - Urbana.....	43
Figura 9. Gráficos de caixa das variáveis de qualidade da água: Turbidez (A); pH; (B); Fósforo (C); Alcalinidade (D); Coliformes totais (E) e <i>E. coli</i> (F) de nascentes recuperadas e degradadas localizadas no município de Prudentópolis no Paraná.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultado da qualidade da água das nascentes em área de floresta.....	34
Tabela 2. Percentual de cada tipo de uso do solo ao entorno das nascentes em florestas.....	35
Tabela 3. Resultado da qualidade da água das nascentes em área de faxinais.....	37
Tabela 4. Percentual de cada tipo de uso do solo ao entorno das nascentes em Faxinais.....	38
Tabela 5. Resultado da qualidade da água das nascentes em área de agricultura.....	39
Tabela 6. Resultado da qualidade da água das nascentes na área urbana.....	41
Tabela 7. Percentual de cada tipo de uso do solo ao entorno das nascentes - área urbana	42

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo geral	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
3.1. Importância da água	15
3.2. Qualidade da água e seus desafios.....	17
3.3. Problemas ambientais em nascentes.....	19
3.4 Leis ambientais referentes a qualidade da água.....	21
3.5 Métodos de recuperação de nascentes.....	23
3.6 Recuperação de nascentes no município de Prudentópolis.....	25
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
4.1. Caracterização e localização da área de estudo.....	28
4.2. Características das nascentes estudadas.....	30
4.3. Procedimento para coleta das amostras	32
4.4 Análise de dados.....	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
5.1 Avaliação das nascentes.....	33
5.2 Análise integrada da qualidade da água das nascentes.....	42
6. CONCLUSÃO.....	46
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural disponível na natureza de diversas formas, no entanto sua qualidade pode mudar devido a processos naturais e antropogênicos que ocorrem no meio ambiente. Alguns desses processos resultam na degradação da qualidade da água devido ao aumento da temperatura, concentrações de oligoelementos ou à ocorrência de compostos químicos (TOMASZEWSKA et al., 2020).

A água adequada e de alta qualidade é uma das bases mais importantes para o desenvolvimento saudável e sustentável da sociedade humana e dos ecossistemas (VOROSMARTY et al., 2010). No entanto a má gestão deste recurso tem potencializado a crise hídrica. A crise atual da água tem muitos componentes de origem social, econômica e ambiental: usos excessivos da água, aumento de demanda, gerenciamento setorial e muito focado em quantidade. Contaminação da água, eutrofização e alterações no ciclo hidrológico em razão das mudanças globais são outros componentes.

A falta de manejo adequado e uso sustentável dos recursos naturais contribuem para a escassez de água no mundo. Por isso, garantir o acesso à água de qualidade para toda a população é um dos principais desafios do poder público.

Dados da Organização das Nações Unidas (ONU) mostram que 2,2 bilhões de pessoas no mundo não têm acesso à água potável. Nos países em desenvolvimento, esse problema está relacionado a 80% das doenças e mortes. No século XX, o consumo de água aumentou em 6 vezes em relação ao crescimento da população mundial. Ao todo, 26 países enfrentam escassez crônica de água e a previsão é de que em 2025 o problema afete 52 países e 3,5 bilhões de pessoas. É importante entender que a água doce disponível no planeta tem uma distribuição desigual. O Brasil, por exemplo, detém 12% da água doce mundial, mas enfrenta desafios no que se refere à disponibilidade do recurso.

A discrepância geográfica e populacional da água no país é um dos grandes problemas: a Região Hidrográfica Amazônica comporta 74% da disponibilidade de água e é habitada por apenas 5% dos brasileiros. Ou seja, a água nem sempre está localizada próxima à população que necessita desse recurso para sua sobrevivência. A escassez de água no mundo é agravada em virtude da desigualdade social e da falta de manejo e usos sustentáveis dos recursos naturais. A poluição hídrica, causada pela

atuação indevida de algumas práticas humanas, pode gerar impacto sobre as espécies e provocar a escassez desse recurso natural.

Com o crescimento considerável da população mundial e o rápido desenvolvimento da urbanização nos países em desenvolvimento, muitos projetos de engenharia hidráulica foram construídos para atender às demandas de consumo de água para consumo doméstico, produção industrial e irrigação agrícola (Niu et al., 2019). Esses projetos geralmente são realizados a nível de bacias hidrográficas. No entanto há algumas ações que vem sendo desenvolvidas para a proteção das nascentes

As nascentes são manifestações superficiais de lençóis subterrâneos que originam os cursos d'água (Valente e Gomes, 2011), estando sua conservação diretamente relacionada à proteção da vegetação existente nas suas margens. As nascentes são consideradas áreas de preservação permanente, assim como sua vegetação sendo nativa ou não, não podendo ser exploradas ou removidas. “A supressão é admitida quando necessária à execução de obras, planos, atividades e projetos de utilidade pública ou interesse social, com prévia autorização do órgão competente do Poder Executivo” (MILARÉ, 2009, p.741).

No intuito de manter e melhorar a qualidade ambiental das águas das nascentes, muitos projetos tem sido implementados como recuperação da vegetação em áreas de nascentes, construção de buffers de vegetação ao entorno dos córregos e nascentes (BOURGEOIS et al., 2016), manutenção da zona riparia (XIANG et al., 2016), isolamento das nascentes para evitar o contato dos animais domésticos e recuperação pelo chamado solo cimento (SOARES et al., 2021).

Diante do exposto, esta pesquisa surgiu do interesse dos pesquisadores em constatar o estado de conservação de nascentes localizadas na área rural do município de Prudentópolis, PR. Verificar a eficiência do método solo-cimento utilizado há mais de três anos na recuperação das mesmas, além do replantio, preservação e conservação da mata do entorno das nascentes. De acordo com a avaliação do estado de conservação das nascentes, é possível tomar atitudes de preservação ou até mesmo de recuperação das mesmas.

A avaliação da qualidade da água nas nascentes estudadas torna-se de extrema importância como subsídio para a manutenção, conservação e preservação dos recursos

hídricos do município de Prudentópolis. O poder público do município de Prudentópolis em parceria com a Sanepar do Estado do Paraná realizou uma ação conjunta no intuito de recuperar nascentes do município. Foram realizadas várias recuperações através do método solo-cimento. No entanto, não se sabe a eficiência desse método para a melhoria da qualidade da água. Convém ressaltar aqui a importância do município de Prudentópolis como formador de uma das mais importantes bacias hidrográficas do Paraná e do Brasil. Em Prudentópolis nasce o Rio Ivaí, na junção dos Rios São João e Dos Patos, que deságua no Rio Paraná, que a jusante chegará até a Usina de Itaipu, a maior hidrelétrica do mundo. A qualidade da água na região de Prudentópolis é importante para perceber por exemplo como um dos fatores estudados, através da turbidez, o acúmulo de detritos que poderão chegar futuramente até a barragem de Itaipu. Neste contexto, o objetivo dessa pesquisa é avaliar a qualidade da água das nascentes após três anos de recuperação. Foram identificadas 08 nascentes com diferentes tipos de uso ao seu entorno, sendo em áreas agrícolas, criação de animais de forma extensiva (faxinais), floresta e área urbana. Esta pesquisa pretende responder alguns questionamentos como: a) O método de solo cimento é eficiente na melhoria da qualidade da água; b) Os tipos de usos do solo ao seu entorno interferem na qualidade da água mesmo com a nascente totalmente recuperada? c) A criação de animais de forma extensiva interfere na qualidade da água? Para responder tais questionamentos, foram realizadas duas campanhas de coleta de água em cada nascente e levadas ao laboratório para análise dos seguintes parâmetros: turbidez, pH, DQO, fósforo, alcalinidade, coliformes totais e *Escherichia coli*.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Verificar se há melhorias na qualidade da água de algumas nascentes do município de Prudentópolis, após a recuperação através do método solo cimento, levando em consideração o tipo de uso do solo ao seu entorno.

2.2 Objetivos específicos

- Levantar informações sobre cada nascente relacionado as condições ambientais.
- Avaliar as condições de cada uso do solo ao entorno de cada nascente.
- Propor alternativas de melhoria das condições ambientais dessas nascentes.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Importância da água

A água ocupa um lugar específico entre os recursos naturais. É a substância mais abundante no planeta, embora disponível em diferentes quantidades, em diferentes lugares. Possui papel fundamental no ambiente e na vida humana, e nada a substitui, pois sem ela a vida não pode existir. Segundo TUNDISI (1999), alterações na quantidade, distribuição e qualidade dos recursos hídricos ameaçam a sobrevivência humana e as demais espécies do planeta, estando o desenvolvimento econômico e social dos países fundamentados na disponibilidade de água de boa qualidade e na capacidade de sua conservação e proteção.

As consequências do desmatamento sobre os recursos hídricos têm repercutido na qualidade de vida das populações, afetando o equilíbrio ambiental das áreas drenadas pelas bacias hidrográficas. Embora a sua importância, para sobrevivência da humanidade, seja, sem dúvida, reconhecida pelos diferentes segmentos da sociedade, a medida que a demanda para os seus diversos usos (abastecimento, irrigação, geração de energia, entre outros) aumenta, as ações direcionadas para promover mudanças na forma predatória de sua utilização continuam sendo implementadas de maneira bastante limitada.

Segundo relatório da *World Water Assessment Program* (2018), o uso da água para a agricultura atualmente representa 70% do total. A maioria é usada para irrigação. As estimativas e projeções globais são incertas. A procura de alimentos até 2050 aumentará 60%, e esse incremento exigirá mais terras aráveis e intensificação da produção. Isso se traduzirá em maior uso de água.

A escassez da água doce (Jury e Vaux, 2005) tem sido identificada como um dos principais problemas ambientais globais do século 21. Isso tem levado pesquisadores, instituições e países a promoverem ações para redução deste impacto. Diversas pesquisas tem se dedicado a identificar e especializar em escala global os pontos de maior problema (Alcamo et al., 2008). Esses estudos preveem consistentemente que algumas regiões do mundo enfrentarão crises hídricas: Índia, norte da China, norte e África Subsaariana, Oriente Médio e partes da Europa Oriental (Srinivasan et al., 2012).

O aumento da população, principalmente dos países mais pobres, a expansão das terras agrícolas, o uso da irrigação para a prática agrícola, elevam a demanda de água, isso tem agravado a crise da água. Muitos países desenvolvidos também não têm cumprido seu papel no tocante a crise hídrica. Kristensen et al., (2018) mostram em seus estudos que 34% de toda água estudada no continente europeu no ano de 2020 não cumpriram as exigências ambientais, com altos índices de poluição. Notavelmente, 100% dos rios na Inglaterra, Alemanha, Bélgica e Suécia falharam nos padrões, e menos de um terço dos rios atendeu a classificações comparáveis usadas nos EUA. Estudos apontados pelo UNEP, (2016) a má qualidade da água é evidente também nos rios asiáticos, africanos e sul-americanos.

O Relatório Mundial de Desenvolvimento da Água das Nações Unidas (2018) afirmou que quase 6 bilhões de pessoas sofrerão com a escassez de água limpa até 2050. Atualmente, cerca de 47% da população global, (3,6 bilhões de pessoas) vivem em áreas que sofrem escassez de água pelo menos 1 mês por ano. Segundo o Programa Mundial de Avaliação da Água das Nações Unidas, a demanda global de água aumentou 600% nos últimos 100 anos. Isso corresponde a uma taxa de crescimento anual de 1,8% (FAO 2018).

Este é o resultado da crescente demanda por água, redução dos recursos hídricos e aumento da poluição da água, impulsionada pelo dramático crescimento populacional e econômico (Boretti e Rosa 2019). Portanto a má qualidade da água continua a ser um problema generalizado. A poluição da água ainda causa 2 milhões de mortes a cada ano e produz uma carga crítica adicional de doenças crônicas (LANDRIGAN et al., 2018)

Mudanças na quantidade, distribuição e qualidade dos recursos hídricos comprometem a sobrevivência de seres humanos e outras espécies em nosso planeta. O desenvolvimento econômico e social dos países baseia-se na disponibilidade de água de boa qualidade e na capacidade de preservá-la e protegê-la (TUNDISI, 2003).

Apesar do cenário global ser preocupante em relação a escassez de água, alguns países como o Brasil por deter boa parte da água potável isso ainda não é encarado pela sociedade como um problema sério. No entanto, as bacias hidrográficas no Brasil vêm sendo degradadas pelo crescimento desorganizado das cidades e superpopulação, bem como por várias atividades antrópicas potencialmente prejudiciais estabelecidas ao longo dos cursos de água sem nenhum planejamento.

3.2 Qualidade da água e seus desafios

A qualidade da água pode ser influenciada por diversos fatores e, dentre eles, estão o clima, a cobertura vegetal, a topografia, a geologia, bem como o tipo, o uso e o manejo do solo da bacia hidrográfica (VAZHEMIN, 1972; PEREIRA, 1997). Segundo ARCOVA et al. (1998), os vários processos que controlam a qualidade da água de determinado manancial fazem parte de um frágil equilíbrio, motivo pelo qual alterações de ordem física, química ou climática, na bacia hidrográfica, podem modificar a sua qualidade.

Alguns fatores naturais como topografia, geologia, tipo de solos e o uso e manejo das áreas rurais e urbanas, influenciam de forma direta na qualidade da água (PEREIRA, 1997; BERTOSSI et al., 2010), alterando alguns parâmetros físicos e químicos, além de causar alterações na dinâmica e disponibilidade de nutrientes, devido às mudanças na mineralização da matéria orgânica presente no solo (COSTA et al., 2015).

A qualidade da água é um critério importante ao combinar a demanda com o suprimento de água. Garantir a qualidade adequada da água doce para as necessidades humanas e ecológicas é um aspecto importante do gerenciamento ambiental integrado e do desenvolvimento sustentável (SREBOTNJAK et al., 2012).

A poluição a que os corpos d'água estão sujeitos, causada por diferentes fontes de origem urbana, rural e industrial, conduz à necessidade de planos de prevenção e recuperação ambiental, a fim de garantir condições de usos atuais e futuros, para diversos fins. Esses planos, além de medidas de acompanhamento de suas metas, através de fiscalização, requerem para sua proposição e efetiva implementação, dados que indiquem o estado do ambiente aquático. Para esse fim, são estabelecidos os programas de monitoramento da qualidade da água para avaliar as substâncias presentes na água, avaliadas sob os aspectos físicos, químicos e biológicos (SANTOS et al., 2001).

De maneira geral, os debates acerca da preservação e conservação da vegetação nativa, sobretudo aquela situada ao longo dos cursos d'água, nascentes e em regiões de topografia acidentada tem ocupado lugar de destaque, sendo um dos pilares para técnicos, pesquisadores e ambientalistas que preconizam a sua importância para proteção dos recursos hídricos. A função ambiental das áreas de preservação permanentes (APP's), definidas pelo Código Florestal Brasileiro, tem sido justificada também por serem ambientes voltados para preservação da paisagem, do fluxo gênico da fauna e flora e por atuar como dissipador de energia erosiva (Brasil, 1965).

No entanto, a poluição tem se agravado nas últimas décadas e está correlacionada com a densidade populacional e o crescimento econômico. Atualmente, 12% da população mundial bebe água de fontes com baixa qualidade. Mais de 30% da população mundial, ou seja, 2,4 bilhões de pessoas, vive sem qualquer forma de saneamento. A falta de saneamento contribui para a poluição da água (UNICEF 2015).

Segundo relatório da *World Health Organization*, (2015), cerca de 90% do esgoto nos países em desenvolvimento é lançado nos rios sem um tratamento adequado. A falta de tratamento desses efluentes pode ser devido à rápida urbanização e ao alto custo do tratamento de águas residuais (Sebastian, 1974).

Os cenários ambientais construídos ou transformados pela ação do homem ocupam a maior parte dos sistemas ambientais. O homem transforma os espaços através de derrubadas de matas, da implantação de pastagens e cultivo, das construções de estradas, portos, aeroportos, represas, da retificação e canalização de curso d'água, da implantação de indústrias e áreas urbanas (Florenzano, 2002). Essas ações são entendidas como benéficas para ao desenvolvimento econômico de uma região ou país, mas do ponto de vista ambiental, elas deixam rastros de mudanças no ambiente que em muitos casos são irreversíveis.

O estado atual da qualidade da água dos rios reflete uma história entrelaçada de desenvolvimento humano e governança. Segundo Hannah et al. (2022) a poluição dos rios pode ser conceituada em três "Fases" históricas, caracterizadas por distintos tipos de contaminantes e métodos de mitigação: **Fase 1.** Poluição orgânica crônica e patógenos associados ao tratamento limitado de resíduos fecais, exacerbados por uma densidade populacional em rápido crescimento. **Fase 2.** Fonte pontual e poluição difusa associada à intensificação da indústria primária (agricultura, mineração, silvicultura) e secundária (têxteis, manufatura, refino de petróleo). **Fase 3.** Contaminantes emergentes associados a avanços industriais, médicos e veterinários (farmacêuticos).

O uso da terra e as mudanças climáticas estão causando um curto-circuito no ciclo da água (LEVIA et al., 2020). Tempestades extremas e drenagem superficial e subsuperficial alterada aceleram o transporte de poluição e reduzem os processos de remoção do ecossistema. Além disso, a perturbação humana pode resultar na liberação a longo prazo de contaminantes no solo, aquíferos e rios (VAN et al., 2018).

Para enfrentar desafios complexos de qualidade da água, os rios e suas nascentes devem ser gerenciados como sistemas conectados. Isso requer uma melhor compreensão das ligações entre as atividades humanas na paisagem e a qualidade da água em escalas espaço-temporais.

O monitoramento dos corpos d'água fornece informações importantes para o gerenciamento das bacias hidrográficas. Esses dados podem ser usados para diagnosticar as condições atuais, prever resultados ambientais futuros e promover o desenvolvimento sustentável da região. O monitoramento eficaz deve ser precedido de análises físicas, químicas e bacteriológicas para diagnosticar a qualidade da água. Os indicadores de qualidade da água usam variáveis que os correlacionam com as mudanças antrópicas e naturais. Cada ambiente lótico possui características específicas, o que dificulta a definição de uma única variável como um indicador padrão para qualquer sistema hidrológico.

A restauração de habitats é atualmente um dos maiores focos na área de ciências ambientais e geralmente se refere ao reestabelecimento de processos e funções de ligações biológicas, físicas e químicas entre ecossistemas aquáticos, ripários e terrestres associados (KAUFFMAN et al., 1997). Dada a importância do tema, os projetos de recuperação vêm desempenhando um papel cada vez maior no gerenciamento e manejo ambientais e em decisões políticas (PALMER, 2004). Quando bem sucedidos, esses projetos podem resultar na recuperação de espécies, melhorias na qualidade das águas continentais e aumento na diversidade de ecossistemas para a manutenção de espécies nativas (BERNHARDT et al., 2005).

3.3 Problemas ambientais em nascentes

Antes de discutir sobre os problemas ambientais em nascentes, faz-se necessário conceituar o termo nascentes, o qual é um sistema ambiental em que o afloramento da água subterrânea ocorre naturalmente de modo temporário ou perene, integrando a rede de drenagem. Este processo é responsável, em parte, pela entrada de energia no sistema e dependente da interceptação do nível freático pela topografia local (FELIPPE e JUNIOR, 2014). Na literatura são encontradas algumas propostas para a classificação de nascentes na tentativa de sistematizar as heterogeneidades intrínsecas entre elas (PIERONI et al., 2019).

Segundo o Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012) as nascentes podem ser classificadas quanto à sua disposição no terreno, faz-se distinção entre uma nascente pontual, quando a surgência de água se dá de forma concentrada. A qual em muitos casos são chamadas de olhos d'água. Há também as nascentes difusas, quando vários são os pontos de surgência, como no caso das veredas dos cerrados brasileiros. Quanto ao fluxo de água, as nascentes podem ser classificadas como perenes (fluxo constante de água o tempo todo) e intermitentes ou sazonais (fluxo periódico de água).

Alguns autores utilizam uma metodologia de classificação de nascentes através dos impactos ambientais numa abordagem de caráter qualitativo indicando pesos aos parâmetros avaliados (Oliveira et al. 2013; GOMES et al., 2005). Normalmente as águas das nascentes são rotuladas como adequadas para o consumo humano imediato, contudo podem apresentar água de má qualidade (SANTANA et al., 2016). No entanto, a qualidade da água das nascentes depende de uma série de variáveis como tipo de uso do solo a montante, histórico do uso e ocupação da área ao seu entorno, grau de preservação da vegetação ao seu entorno, características geológicas da área, dentre outras.

A intensificação das atividades agrícolas tem causado constante alteração na zona riparia nas áreas de nascentes, pois o agricultor em busca de maiores lucros, acaba adentrando cada vez mais próximo aos corpos hídricos ignorando a faixa permitida pelos órgãos ambientais. Rheinhardt et al. (2012) concluem que a zona riparia ao longo dos rios agrícolas foram limpas para aumentar as áreas cultivadas e estreitas faixas de vegetação herbácea naturalmente regenerada agora se alinham em muitos dos bancos outrora florestados. Esta vegetação herbácea pode não possuir a mesma capacidade de retenção de sedimentos quanto uma floresta bem estruturada.

Segundo Kuglerová et al., (2014) as atividades humanas, principalmente as práticas de uso da terra, reduziram a capacidade da zona riparia e as áreas ao entorno das nascentes de retenção de sedimentos e nutrientes oriundos das vertentes. Portanto, a estrutura e a composição da zona ripária e das áreas de nascentes interferem de forma direta na conectividade dos sedimentos oriundos das vertentes com os corpos hídricos (STOY, 2012).

O contato dos sedimentos das encostas com os corpos hídricos tem levado a contaminação da água promovendo a eutrofização desses ambientes (VIEIRA et al., 1998). O qual consiste no enriquecimento das águas por substâncias fertilizantes que

propiciam o crescimento excessivo das plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas (TOLEDO et al., 1984; VON SPERLING, 1995; HARREMOES, 1998).

Embora os governos atuais ao redor do mundo mostrem sua preocupação com a qualidade da água devido aos cenários que se tem apresentado, poucas tomadas de decisões têm sido realizadas. As ações tornam-se incipientes quando se trata de melhoria da qualidade da água em nascentes ou pequenos canais fluviais. Neste contexto há outro problema, a participação da comunidade na tomada de decisões ainda é muito pequena (LI, 2006; OLUN, 2014).

O poder público tem muitas responsabilidades referentes aos problemas ambientais, pois são gestores e tem o poder da tomada de decisão em relação a questão ambiental. Dentre as funções dos órgãos públicos encontra-se a criação de políticas públicas voltadas as questões ambientais, desenvolvimento de estruturas legais, planejamento, coordenação, financiamento e desenvolvimento de capacidade, aquisição de dados e monitoramento, e regulamentação.

No entanto, o poder público tem falhado na execução e fiscalização de projetos referentes as melhorias das questões ambientais. Nas áreas agrícolas por exemplo há certa dificuldade de se aplicar as exigências propostas pelas leis ambientais na preservação das nascentes e zonas ripárias. O Código Florestal Brasileiro exige que sejam preservados em torno de 50 metros de vegetação ao redor de cada nascente, mas essa exigência é pouco aplicada. Muitos agricultores acabam drenando e soterrando as nascentes para aumentar sua área de plantio.

Muitos desses casos passam despercebidos pelos órgãos fiscalizadores, principalmente porque estudos sobre a qualidade de nascentes são escassos, devido à grande divulgação de que são encontradas em regiões topograficamente elevadas, protegidas por matas e de difícil acesso para ocupação humana, além disso, são priorizadas pesquisas sobre rios ou bacias hidrográficas devido à sua relevância como unidade de planejamento.

3.4 Leis ambientais referentes a qualidade da água

A primeira base legal específica dos recursos hídricos foi instituída a partir do Código das Águas, de 10 de julho de 1934, que apesar de seus mais de sessenta anos ainda

é considerada pela Doutrina Jurídica como um dos textos modelares do Direito Positivo Brasileiro. Promulgada em 1988, a Constituição Federal em vigência modificou em vários aspectos o Código das Águas. Uma das principais alterações foi à extinção de alguns casos previstos pelo instrumento legal do domínio privado da água.

Segundo a Constituição atual todos os corpos d'água são de domínio público. A Constituição vigente traz uma série de outras modificações em relação ao Código das Águas. A Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, conhecida atualmente como Lei das Águas, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A Lei das Águas estabelece como princípios gerais básicos para a gestão de recursos hídricos: a gestão por bacia hidrográfica; a observância dos usos múltiplos, mas considerando que em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação animal; o reconhecimento de que a água é um recurso dotado de valor econômico; a gestão descentralizada e participativa; o reconhecimento da água como bem finito e vulnerável.

A Política Nacional de Recursos Hídricos tem como um de seus objetivos assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos.

Para se definir a qualidade das águas dos mananciais é preciso enquadrá-las em classes, considerando seus usos e estabelecendo-se critérios (ZAGATTO et al., 1993; VON SPERLING, 1995). O enquadramento de corpos d'água já previsto na Resolução n. 20 do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA (1986) é o instrumento que estabelece o nível de qualidade (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um segmento de um corpo d'água ao longo do tempo, assegurando seus usos prioritários. Estabelece que o enquadramento de um corpo d'água deve ser baseado não necessariamente no seu estado atual, mas no nível de qualidade que deveria possuir para atender as necessidades da comunidade.

Esta Resolução dividiu as águas do território brasileiro em águas doces (salinidade < 0,05%), salobras (salinidade entre 0,05% e 3%) e salinas (salinidade > 3%). Em função dos usos previstos, foram criadas nove classes de qualidade. As Classes Especiais, 1, 2, 3 e 4 referem-se às águas doces, as Classes 5 e 6 são relativas às águas salinas e as Classes 7 e 8 às águas salobras.

Apesar da legislação ambiental brasileira ser considerada bastante ampla, alguns fatores têm contribuído para torná-la pouco ágil (CRESTANA et al., 1993). Dentre esses, destaca-se a deficiência em meios e materiais para apurar com rigor as agressões ao meio ambiente. Diante desse fato, as metodologias possíveis de serem implementadas, por meio do geoprocessamento, tornam-se alternativas viáveis para reduzir de maneira significativa as deficiências relativas ao cumprimento das leis pertinentes.

As condições oferecidas permitem integrar informação cartográfica e tabular, possibilitando por meio da análise ambiental estabelecer correlações espaciais, relações de causa e efeito e aspectos temporais que antes eram impraticáveis pelos meios tradicionais existentes (Townshend, 1992; Xavier-da-Silva, 1992), auxiliando de maneira decisiva a investigação da adequação do uso da terra em áreas de preservação permanente (AULICINO et al., 2000; COSTA et al., 1996)

O Novo Código Florestal (BRASIL, 2012) estabelece as Áreas de Preservação Permanente de acordo com o tamanho da área na qual o curso fluvial de encontra, assim como a largura do rio, para assim estabelecer a proporção final de área destinada a preservação.

3.5 Métodos de recuperação de nascentes

Na literatura, são incipientes pesquisas que indiquem os melhores métodos de recuperação de nascentes. O importante é manter e/ou recuperar a vegetação ao entorno da nascente bem como a montante. Segundo LIMA e ZAKIA (2000), a importância de florestas em torno das nascentes fundamenta-se no amplo aspecto de benefícios que a vegetação trás na proteção da mesma, exercendo função protetora sobre os recursos naturais e abióticos

Os métodos utilizados na recuperação em ambientes úmidos se baseiam em processos sucessionais de vegetação (CASTRO RIBEIRO et al., 2012). O isolamento da área, remoção de fatores de degradação são de grande importância. Dentre eles, pode-se destacar a) retirada das espécies competidoras; b) reflorestamento com espécies nativas; c) implantação de espécies pioneiras atrativas à fauna e de interesse econômico.

A introdução da vegetação nas áreas de nascentes pode ser através do método de semeadura direta que segundo (WINSA e BERGSTEN 1994), é um método bastante

usado em países de clima temperado e apresenta bons resultados ecológicos e econômicos na recuperação de ecossistemas de pequeno e de médio porte, mas ainda é uma técnica pouca empregada nos países tropicais. Esta técnica se baseia no conceito de sucessão secundária, que consiste no plantio de mudas, acompanhado da implantação de diferentes espécies sucessionais.

Outro método bastante utilizado é o método de nucleação também é bastante usado para recuperar nascentes. Este método consiste em diversas técnicas (ESPÍNDOLA et al., 2006), como por exemplos, a transposição de solo, a criação de poleiros artificiais secos, a nucleação de Anderson e a transposição de galharia (Castro Ribeiro et al., 2012).

Todas essas técnicas levam em consideração a recuperação do microambiente, no entanto elas não levam em consideração a qualidade de água pode se manter poluída, mesmo com a revitalização das áreas ao entorno. Uma técnica que vem sendo utilizadas para assegurar a qualidade da água das nascentes é a técnica de solo-cimento.

Segundo Crispim et al. (2012), este método consiste em limpar o entorno das nascentes manualmente retirando materiais orgânicos como raízes, folhas, galhos e lama. Na sequência coloca-se pedra rachão (preencher toda nascente) em seguida, instala-se as tubulações. A cabeceira é vedada com uma mistura feita com solo peneirado, cimento e água na proporção de 3 x 1. As pedras têm o objetivo de filtrar a água. As tubulações servem para permitir o escoamento da água e serão dispostas conforme sua função: uma tubulação de 50mm para receber prévio tratamento com água sanitária é instalada na parte superior da nascente, cujo objetivo é que o agricultor faça semestralmente uma desinfecção utilizando água sanitária. Uma tubulação de 50 mm com redução para ½ polegada enviará água para consumo. Outra tubulação de 50 mm é instalada de 15 cm a 20 cm acima da primeira tubulação, para extravasar (ladrão) o excesso de água. E por último, uma tubulação que servirá para esgotar a nascente no período da desinfecção semestral deve ser de 100 mm para agilizar o processo de escoamento (Figura 1).

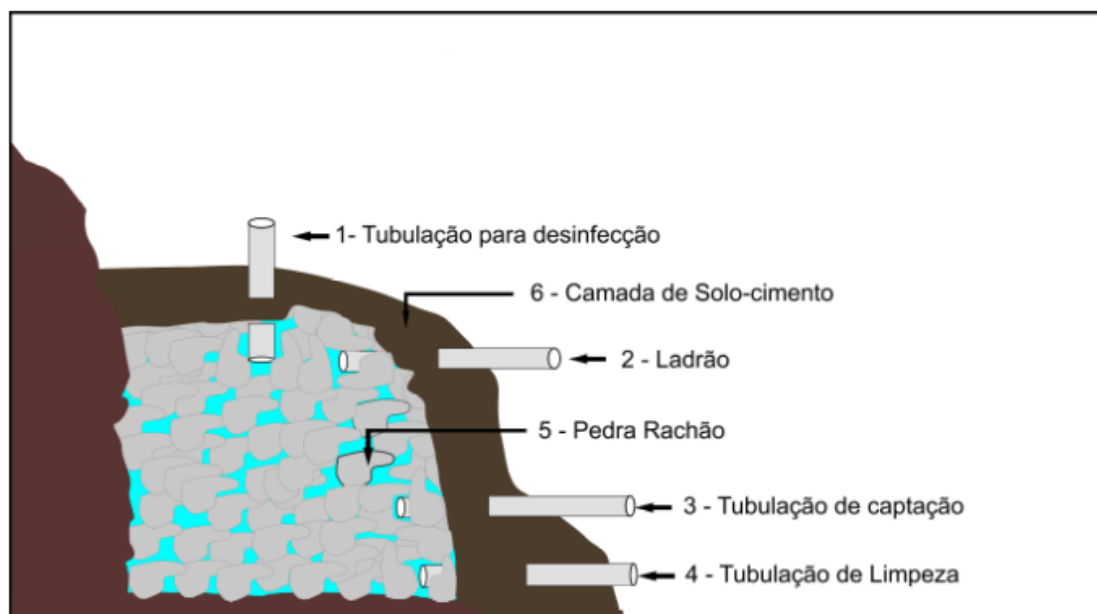


Figura 1. Exemplificação de nascente recuperada com a técnica de solo-cimento. Adaptado de Crispin et al. (2012).

Portanto o uso desta técnica de recuperação de nascentes tem por objetivo evitar a contaminação da água pelas próprias partículas do solo, provenientes do próprio barranco da nascente, evitar o contato com o solo erodido a montante, restos vegetais que se decompõem neste local, ejeções de animais silvestres e animais domésticos quando se tratar de áreas com criação de animais de forma extensiva e desenvolvimento de algas na presença de luz.

3.6 Recuperação de nascentes no município de Prudentópolis

A partir da necessidade de garantir o abastecimento das comunidades rurais com água de boa qualidade, o Município de Prudentópolis implantou no ano de 2016 um projeto de incentivo a proteção de nascentes, com adoção da técnica de proteção com solo-cimento. Desde então, muitas propriedades do município foram beneficiadas com o projeto, com isso centenas de nascentes foram protegidas até o ano de 2022, prática que buscando melhoria da qualidade da água para consumo humano.

Inicialmente fiz uma visita até a propriedade do produtor interessado para averiguar a situação em que a nascente se encontrava. Constatada a necessidade e possibilidade de recuperação agendava-se uma data para a realização da atividade de

recuperação, onde eram convidados os vizinhos e interessados para aprender e disseminar a técnica.

Alguns materiais foram necessários para a execução da obra de proteção da fonte como: pedra ferro (basalto/diabásio); cimento; terra virgem; areia; água; um pedaço de tela fina para tampar um dos tubos; tubos de PVC com diâmetro de 100 mm; tubos PVC com diâmetro de 32 mm e hipoclorito de sódio.

Juntados todos os materiais e equipamentos necessários, chegou o dia de fazer a recuperação da nascente, o solo foi misturado com o cimento na proporção de 3:1 (solo e cimento), formando uma massa com água e o material para utilizar ao redor e em cima da nascente por alguns agricultores mais interessados em aprender a técnica. Conforme foi sendo colocando a massa solo-cimento, também foram colocando as pedras para dar sustentação na estrutura e servir de filtro da água. Assim que foi aumentando em altura a barragem com solo-cimento, adicionou-se o primeiro tubo de baixo com 100 mm que serviu para fazer a limpeza temporária da nascente protegida. Em seguida foi colocando os tubos menores que servem de “ladrões”, um destes será utilizado para levar a água da nascente até uma caixa ou para a casa da propriedade. Acima destes tubos foi colocado mais um tubo entre 60 e 90 graus de inclinação que será utilizado para colocar o hipoclorito no momento da limpeza (Figura 2).



1. Visão do local antes do início dos trabalhos



2. Limpeza do local



3. Peneiramento do solo para retirada de impurezas maiores



4. Mistura - Prática "solo-cimento"



5. Início dos trabalhos para o levantamento da estrutura



6. Estrutura montada

Figura 2. Indicação do passo a passo da implantação da técnica de solo cimento no município de Prudentópolis.

Ao finalizar a sequência descrita acima, as nascentes ficarão totalmente protegidas das enxurradas e pela ação dos animais.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Caracterização e localização da área de estudos

O município de Prudentópolis está localizado na Mesorregião Geográfica Sudeste Paranaense, com estimativa populacional de 52.513 habitantes de acordo com o IBGE de 2020. Situa-se na Latitude 25 ° 12 ' 47 " S e Longitude 50 ° 58 ' 40 " W, com altitude média em torno de 840 metros (figura 3).

O município pode ser dividido em três regiões distintas de paisagens agrárias. Devido sua posição geográfica, apresenta ao sul um clima ameno, segundo a classificação de Koppen denominado Cfb (Mesotérmico úmido com verão ameno). Chuvas uniformemente distribuídas, sem estação seca e a temperatura média do mês mais quente não ultrapassa 22°C, com ocorrência de 10 a 25 geadas ao longo do período frio. Estas especificidades do clima associado ao relevo menos dissecado (inferior a 15% de declividade em média) contribuem para a mecanização, com predomínio de agricultura comercial, associado a alguns faxinais. Na área central há um predomínio do Sistema de Faxinal, este fato se dá devido à colonização, pois esta região do município foi à primeira a receber imigrantes eslavos. O solo desta região, apesar de alto potencial, agrícola, no entanto, não é explorado de forma intensiva. (HAURESKO, 2001).

Já o norte do município apresenta um clima Cfa, segundo classificação de Koppen, se caracteriza por apresentar chuvas durante todos os meses do ano e possuir a temperatura do mês mais quente superior a 22°C, e a do mês mais frio superior a 3°C. (MAACK, 1968). O relevo se caracteriza por vertentes curtas e declives acentuados, (média superior a 20% de declividade). Nestas áreas há um predomínio das roças de coivara, (roça de toco) tendo o milho e o feijão com os principais produtos cultivados.

A agricultura praticada no município, segundo classificação do IAPAR (1995), se insere no conglomerado denominado C13, que define a região com alta participação de culturas temporárias, principalmente fumo, milho e feijão; sendo utilizada a força do trabalho familiar e de tração animal. Sendo composta, ainda, de pastagens, mata nativa, reflorestamento e áreas em pousio associadas à baixíssima utilização de insumos agroindustriais e motomecanização. Acrescenta-se, ainda, o emprego de práticas agrícolas com baixa tecnologia com utilização de implementos e ferramentas rudimentares, principalmente por se tratar de uma área onde há um predomínio de

pequenas propriedades, onde boa parte da área agrícola é destinada a atividade fumageira (cultivo do tabaco) (ANTONELI et al., 2022).

Os moradores que residem nesse sistema de produção são reconhecidos como povos tradicionais e mantêm a reserva da mata nativa preservada, porém trabalham com criação de animais em espaços comuns, necessitando de um trabalho educativo em relação ao saneamento ambiental.

Em Prudentópolis há um número considerável de propriedades rurais, dados do INCRA mostram em torno de 7.810, caracterizadas por minifúndios o que contribui para a diversidade de comportamentos no tocante a manutenção da vegetação ao longo do rio e ao uso sustentável do solo. Quanto às áreas de preservação permanente, observa-se ausência de mata ciliar em diversos pontos ao longo do rio, geralmente com criação de animais nessas áreas, incluindo o rio principal e os pequenos afluentes. Essa condição associada a falta de prática conservacionistas para o uso do solo compromete a qualidade ambiental da bacia.

No município existem várias quedas d'água e cachoeiras pela topografia acidentada que propicia a exploração de energia elétrica e áreas de lazer para a comunidade, bem como para o turismo. Prudentópolis é quinto município em extensão territorial do Estado, reúne características socioambientais favoráveis ao ecoturismo, contando em seu território com algumas das cachoeiras mais bonitas do Brasil. A exuberância das grandes quedas d'água vem atraindo turistas de vários locais do Brasil e do mundo com a finalidade de desfrutar a natureza, percorrer trilhas conhecendo a vegetação nativa e toda beleza cênica, inclusive na área do manancial.

4.2 Características das nascentes estudadas

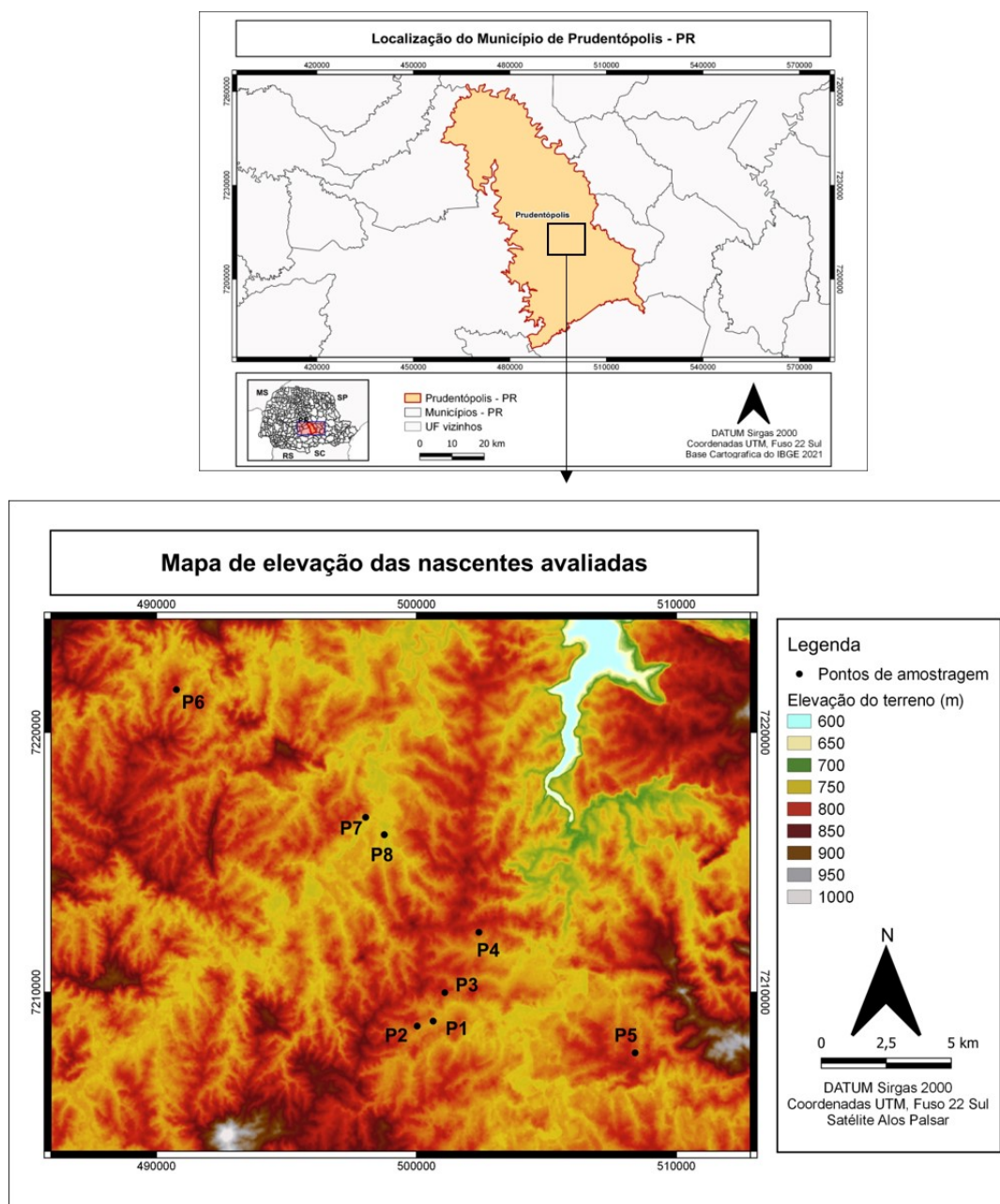


Figura 3. Localização da área de estudos.

Nota: P1 e P2, agricultura; P3 e P4 área urbana; P4 e P5 área de faxinais; P7 e P8 floresta.

Para a realização deste trabalho, foram identificadas 08 nascentes no município de Prudentópolis em diferentes tipos de uso do solo. A saber: agricultura, faxinais com criação de animais de forma extensiva, floresta e área urbana. Não foi possível analisar a evolução da qualidade da água na mesma nascente. O correto seria analisar a qualidade da água antes e depois da recuperação. Neste caso optou-se por usar uma nascente com características similares para servir de parâmetro.

Em cada tipo de uso do solo foram coletadas amostras de duas nascentes, sendo uma recuperada pelo sistema solo-cimento e outra sem recuperação. Foram realizadas duas campanhas em cada nascente. As análises foram enviadas ao laboratório de Saneamento e Qualidade da Água da UNICENTRO e analisadas conforme metodologia padrão *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2018). Foram realizadas análises de turbidez, pH, fosforo, alcalinidade, coliformes totais e E coli. e nitrogênio total. As nascentes foram classificadas da seguinte forma:

Agricultura. A nascente recuperada na área de agricultura está localizada sob as coordenadas 25°14'12''S e 50°59'38''O. Esta nascente, foi a primeira a ser recuperada no município (4 anos de recuperação). Ao entorno desta nascente, há cultivo de soja e tabaco com pouca vegetação ao redor. A nascente sem recuperação utilizada para esta pesquisa encontra-se entre as coordenadas geográficas 25°14'16''S e 50°59'59''O. Esta nascente está localizada na mesma área da nascente recuperada (mesma cabeceira de drenagem) e apresenta características similares. A montante, há predomínio de cultivo de soja e tabaco.

Urbana: Foram delimitadas duas nascentes na área urbana, sendo uma recuperada e outra sem recuperação. A nascente recuperada está localizada entre as coordenadas 25°13'35''S e 50°59'21''O. A recuperação desta nascente foi realizada no ano de 2018 (4 anos de recuperação). Por ser em uma área urbana, não foi possível plantar árvores nativas ao seu entorno, então optou-se por plantar bananeiras (*Musa spp.*). A nascente sem recuperação utilizada para esta pesquisa se localiza entre as coordenadas 25°12'19''S e 50°58'34''O. As características desta nascente são similares a nascente recuperada, no entanto há uma vegetação com árvores nativas ao seu entorno, mas a montante da nascente há urbanização semelhante a nascente recuperada da área urbana.

Faxinal. Antes de caracterizar as nascentes nesse tipo de uso, faz-se necessário explicar de forma resumida o que são áreas de faxinais. Na região sul do Brasil, há um tipo de uso e ocupação do solo centenário, trazido da Europa pelos Jesuítas e adaptado as condições da região como clima, relevo e vegetação. Esta forma de uso do solo se caracteriza pelo uso comum das pastagens entre seus habitantes. Ou seja, há o chamado criadouro comunitário onde os animais circulam livremente em toda área do faxinal. Isso provoca alguns problemas de ordem ambiental, principalmente pelo contato dos animais com os corpos hídricos (ANTONELI et al., 2020). Nas áreas de faxinais, foram selecionadas duas

nascentes, sendo uma recuperada (04 anos de recuperação) e uma nascente em área de faxinal.

Apesar da nascente recuperada se encontrar em uma área de criação de animais de forma extensiva (Faxinal), ela foi recuperada e isolada da ação dos animais. A vegetação ao entorno é composta de Araucárias, erva-mate e demais espécies de floresta Ombrófila Mista. Localiza-se nas coordenadas geográficas 25°14'50''S e 50°54'59.''O. A nascente sem recuperação utilizada para esta pesquisa, também se localiza em uma área de faxinal sob a coordenadas 25°07'15''S e 51°05'29''O. A vegetação é composta por espécies da Floresta Ombrófila Mista. Nesta nascente, os animais têm contato direto com a água. É possível observar o pisoteio feito pelos animais no local.

Floresta. Para esta pesquisa foram utilizadas duas nascentes com características semelhantes. Ambas com vegetação mais densa, composta por espécies da Floresta ombrófila mista. As duas nascentes indicaram bom estado de conservação e sem presença de animais. A nascente recuperada está situada nas coordenadas geográficas 25°09'55''S e 51°01'09.''O e a nascente sem recuperação está situada entre as coordenadas geográficas 25° 10'18''S e 51°00'44'' O.

4.3 Procedimento para coleta das amostras

Os frascos utilizados para a coletas das amostras foram fornecidos pelo laboratório de Saneamento Ambiental e Qualidade de Água da UNICENTRO Campus de Irati, são todos esterilizados e preparados para receber as amostras de água das nascentes. As amostras foram coletadas seguindo alguns cuidados e recomendações, entre eles: não tocar na parte interna da tampa e do frasco; não colocar a tampa no chão ou sobre outra superfície; não falar, tossir ou espirrar próximo ao frasco de coleta. Importante também garantir que as amostras não contenham partículas grandes, detritos, folhas ou outro tipo de material acidental durante a coleta. Colocar as amostras ao abrigo da luz solar imediatamente após a coleta e preservação e acondicioná-las em caixas térmicas. Certificar-se de manter os registros de todas as informações de campo, sendo preenchidas fichas de coleta por amostra. Cada nascente teve 2 (duas) amostras coletadas para a realização dos testes e procedimentos necessários para a obtenção dos resultados especificados.

4.4 Análise de dados

O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado com oito unidades amostrais (nascentes), onde quatro foram recuperadas e outras quatro não receberam qualquer tipo de recuperação.

Para verificar como se agrupam as áreas de estudo os dados foram submetidos a uma análise de componentes principais (ACP), uma vez que a referida análise explica a estrutura de variância-covariância da matriz de dados por meio de combinações lineares não correlacionadas das p variáveis originais. O resultado pode ser expresso em um diagrama de ordenação no qual as unidades amostrais mais próximas são similares entre si, possibilitando a visualização de agrupamentos.

A ACP foi calculada com base na matriz de correlação e foram consideradas significativas as componentes principais cujo o autovalor foi maior que 1 (JOHNSON; WICHERN, 1998).

Para comprovar a veracidade do agrupamento encontrado na ACP, as médias dos agrupamentos para cada uma das variáveis amostradas foram submetidos ao teste t com correção para variâncias distintas e para amostras independentes. O nível de confiança dos testes foi de 95%.

A análise foi efetuada com o auxílio do RStudio versão 4.0.2 (RSTUDIO, 2020), pacotes *vegan* e *ggplot*.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Avaliação das nascentes

Avaliar a qualidade da água das nascentes, tem se tornado um objeto bastante estudado nos últimos tempos, principalmente em áreas rurais onde os agricultores utilizam dessas fontes da água para o consumo em suas propriedades. Na sequência, será analisada a qualidade da água das diversas nascentes estudadas, bem como as características de uso do solo ao seu entorno.

Nascentes da área de floresta

A mata de araucária (Ombrófila Mista) é bioma de grande importância ecológico-econômica, por sua característica única de abrigar a conífera mais expressiva da vegetação brasileira – *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (NARVAES et al., 2005). A variedade de recursos naturais componentes desse tipo florestal é decorrente das diferentes associações entre as espécies, as quais crescem influenciadas por variações ambientais intrínsecas (GAMA et al., 2003). No entanto grande parte dessa floresta vem sendo devastada. O desmatamento da Mata Atlântica tem causando severa fragmentação e redução do habitat, bem como a perda de biodiversidade, especialmente de espécies endêmica do bioma (Myers et al., 2000).

Na região Centro sul do estado do Paraná, os fragmentos de floresta ombrófila mistas são relegadas as áreas de faxinais, áreas de parques e reserva natural, além de pequenos “chapões de mato” no interior das propriedades. Cabe destacar que geralmente nessas áreas há um consórcio entre extrativismo florestal com criação de animais de forma extensiva. Essa característica pode interferir na qualidade da água das nascentes pois os animais tem acesso aos rios e nascentes.

A nascente recuperada indicou melhoria em todas as variáveis analisadas quando comparados com os dados apresentado pela nascente sem recuperação (tabela 1).

Tabela 1. Resultado da qualidade da água das nascentes em área de floresta.

Tipos de uso do solo	Turbidez (NTU)	pH	Fósforo (mg/L)	Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)	Coliformes totais (UFC/100ml)	<i>E.coli</i> (UFC/100ml)	Nitrogênio total (mg/L)
Recuperada	0,38	6,3	0	39	166	3	<1
Sem recuperação	0,62	6,4	0	42	181	12	<1
Media	0,5	6,3	0	40,5	173,5	7,5	<1

*Limite inferior da curva analítica de acordo com o método utilizado.

A turbidez da água na floresta sem recuperação foi de 0,62 NTU, enquanto que na área recuperada a média foi de 0,38 NTU, ou seja, houve uma redução em torno de 63%. Esta variação pode ser atribuída ao isolamento da nascente após a recuperação, no qual não houve contato de animais. Já o pH, indicou pouca variação entre as duas nascentes,

com valor médio de 6,3 na nascente recuperada e 6,4 na nascente não recuperada. A média do pH entre as duas nascentes na floresta indicaram valores próximo a neutralidade.

A média de coliformes totais entre as duas nascentes foi de 173,5 UFC/100ml, variando de 166 UFC/100ml na nascente recuperada a 181 UFC/100ml na nascente sem recuperação. Ou seja, a nascente sem recuperação indicou aumento da concentração de coliformes cerca de 9% em relação a nascentes não recuperada. A *E.coli* encontrada na água da nascente recuperada foi de 3 UFC/100ml enquanto que na nascente sem recuperação o valor foi de 12 UFC/100ml, um aumento de 300%.

Por meio dos valores encontrados, fica evidente que a nascente recuperada indicou melhores condições. Cabe destacar que a forma de recuperação utilizada (solo-cimento), refere-se apenas a recuperação da nascente em si, e não do seu entorno. No caso das duas nascentes na área de floresta, a vegetação ao entorno era de mata densa, no entanto algumas áreas próximas indicaram outros tipos de uso do solo (figura 4).

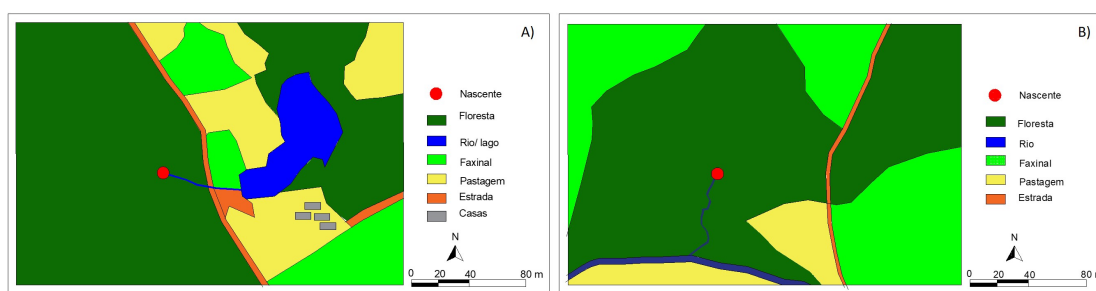


Figura 4. Uso do solo ao entorno das nascentes em área de floresta. A) nascente recuperada; B) nascente sem recuperação.

Tabela 2. Percentual de cada tipo de uso do solo ao entorno das nascentes em florestas.

Uso do solo	Floresta	Faxinal	Pastagem	Estradas	Água
Floresta recuperada	68	8	14	3	7
Floresta sem recuperação	72	17	8	2	1

Apesar da variação nos percentuais de faxinal e pastagem nas nascentes de floresta, fica evidente que a vegetação tem papel importante na qualidade da água, principalmente no entorno da nascente. A vegetação ao redor das duas nascentes está bem preservada. A variação em alguns dos parâmetros (tabela 2) pode ser em decorrência da

ação de alguns animais silvestres e a própria matéria orgânica que se deposita na nascente sem recuperação.

Nascentes em área de faxinal

As florestas são ecossistemas multifuncionais que fornecem diversos bens e serviços, incluindo bens intrínsecos, econômicos, valores culturais e estéticos essenciais para o desenvolvimento socioeconômico das comunidades adjacentes em uma determinada região (COSTA et al., 2017). No entanto, a ação das comunidades sobre esses ecossistemas têm sido um dos pontos-chaves para a degradação ambiental (TESFAYE, 2017). As áreas de Sistema Faxinal que ainda existem em alguns fragmentos da Mata de Araucária na região sudeste do estado do Paraná é um exemplo dessas multifuncionalidades da floresta para com a vida das comunidades (ANTONELI et al., 2019).

Cabe destacar que o Sistema Faxinal é uma forma de organização camponesa baseada na agricultura familiar, no uso coletivo dos recursos e na coletividade da mão-de-obra em atividades silvopastoril. O modelo de sistema faxinal está pautado na integração de três componentes: a) produção animal coletiva à solta, (sem restrição de propriedades) através dos criadouros comunitários denominados “áreas de criar”; b) produção agrícola – policultura alimentar de subsistência para consumo e comercialização denominados “áreas de plantar”; c) extrativismo florestal de baixo impacto – manejo de erva-mate, araucária e outras espécies nativas.

Antoneli et al (2018), destacam que as áreas de criadouro comunitário são compostas por áreas de pastagens nativas entremeadas por fragmentos florestais. Os animais têm acesso livre em ambas as áreas, o que pode contribuir para a degradação do solo devido ao pisoteio intensivo dos animais em busca de alimento.

A circulação constante dos animais sem restrição em sistemas de criação de animais de forma extensiva tem levado a alguns problemas ambientais graves como: redução da vegetação (Antoneli et al. 2018), erosão dos solos e mudança física do solo (Zhou et al., 2010; Antoneli et al., 2018), mudança na hidrologia da floresta (Thomaz e Antoneli 2015), dentre outros. O contato dos animais com os corpos hídricos tem levado a contaminação dos rios em áreas de criação de animais de forma extensiva (Tabela 3).

Tabela 3. Resultado da qualidade da água das nascentes em área de faxinais.

Tipos de uso do solo	Turbidez (uT)	pH	Fósforo (mg/L)	Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)	Coliformes totais (UFC/100ml)	<i>E.coli</i> (UFC/100ml)	Nitrogênio total (mg/L)
Recuperada	0,74	6,1	0	35	36	2	<1
Sem recuperação	0,98	6,0	0	48	227	32	<1
Media	0,86	6,1	0	41,5	131,5	17	<1

Através da tabela 3 observa-se que a nascente recuperada indicou melhor qualidade da água em todas as variáveis, mesmo assim, alguns valores são altos quando comparados com as nascentes na área de floresta. A turbidez da água na nascente recuperada foi de 0,74 NTU, enquanto que na nascente sem recuperação o valor foi de 0,98 NTU, um aumento em torno de 32%. O pH da água das duas nascentes indicaram valores muito próximo (6,1 e 6,0). Cabe destacar, que o valor do pH é importante, pois apresenta forte relação com o crescimento bacteriano, uma vez que para a maioria das bactérias o pH ótimo para seu desenvolvimento oscila entre 6,5 e 7,5 (SOARES e MAIA, 1999).

A maior diferença observada entre as duas nascentes foi na concentração de coliformes totais e *E.coli*. Na nascente recuperada houve uma concentração de 36 UFC/100ml, enquanto que na nascente sem recuperação foi de 227 UFC/100ml, um aumento de 5,3 vezes. No entanto a maior variação entre as duas nascentes foi encontrada no *E. coli*. A nascente recuperada, o *E. coli* foi de apenas 2 UFC/100ml, enquanto que a nascente sem recuperação o valor foi de 32 UFC/100ml, um aumento de 15 vezes (1500%). Estes valores indicam que a água das nascentes mesmo com a recuperação, são impróprias para o consumo. Cabe destacar que o *E. coli* é um micro-organismo considerado como o mais importante indicador de poluição fecal das águas (DAWSON e SARTORY, 2000). Enquanto o pH indica se uma solução é ácida ou básica, a alcalinidade indica quanto ácido a solução pode absorver sem alterar o pH, ou seja, a capacidade de tamponamento de uma solução, no caso, a água.

As características de uso do solo ao entorno das duas nascentes eram similares, pois nas áreas de faxinais há um predomínio de mata secundária entremeado por pastagens nativas (figura 5). No entanto, pastoreio dos animais acaba compactando o solo, o qual reduz a taxa de infiltração e aumenta a taxa de escoamento superficial

(ANTONELI et al., 2018). Esta condição permite que muitos materiais (serapilheira, solo, e excremento de animais) sejam transportados até os corpos hídricos.

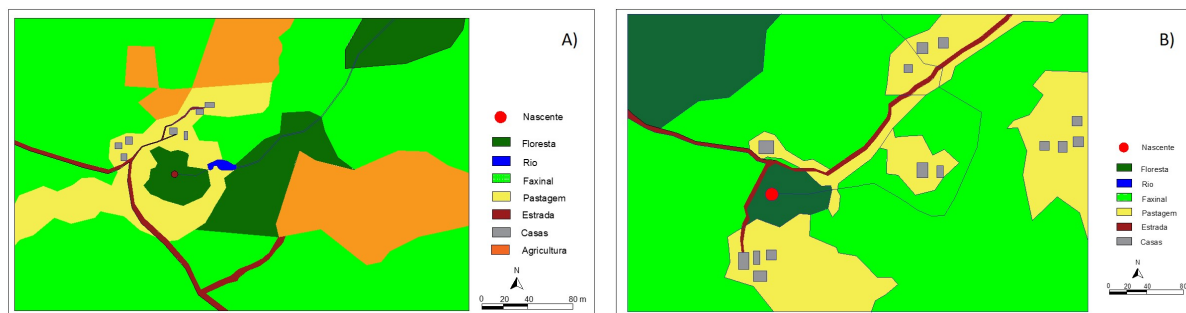


Figura 5. Uso do solo ao entorno das nascentes em área de Faxinais. A) nascente recuperada; B) nascente sem recuperação.

Na Figura 5, observa-se que as características dos faxinais são similares ao entorno das nascentes (tabela 4). No entanto, na nascente recuperada há áreas de agricultura, mesmo em área de faxinal, mas esse tipo de uso do solo se encontra à jusante da nascente, o que pode reduzir sua influência na qualidade da água. Ambas as nascentes indicam áreas de pastagens e floresta rala denominada de bosque (Antoneli et al., 2018). Esta condição permite maior circulação de animais a montante das nascentes.

Tabela 4. Percentual de cada tipo de uso do solo ao entorno das nascentes em Faxinais.

Uso do solo	Floresta	Faxinal	Pastagem	Estradas	Agricul- tura	Casas
Nascente recuperada	14	59	11	1	14	1
Nascente sem recuperação	8	70	20	1	-	1

Na área da nascente sem recuperação, há um predomínio do Faxinal e das pastagens em relação a nascente recuperada. No entanto a qualidade da água da nascente recuperada é melhor. Ambas apresentam problemas, mas a recuperação da nascente isolou o contado dos animais, com isso houve redução principalmente dos coliformes e do *E. coli*.

Agrizzi, et al. (2018) corrobora com os valores encontrados com esta pesquisa ao afirmar em seus estudos que a concentração de coliformes na água das nascentes foi maior em áreas onde havia maior concentração de animais. Resultados semelhantes foram encontrados por Primavesi et al. (2002) e Duarte et al. (2014) os quais concluíram que a quantidade de animais circundantes a montante da nascente influencia na quantidade de

coliformes presentes na água, uma vez que estes definem as zonas de pastejo iniciando a onda de desfolhação a partir dos pontos de água.

Nascentes em área de agricultura

A revolução verde, trouxe consigo um avanço na produtividade agrícola. Novas técnicas de cultivo foram introduzidas nas lavouras, houve melhoramento genético das sementes, novos fertilizantes sintéticos, defensivos agrícolas para controle de pragas e doenças, dentre tantos outros. No entanto as questões ambientais não acompanharam essa evolução. Em muitos casos os agricultores não respeitam a legislação vigente, principalmente em relação as nascentes e áreas de APP's (áreas de preservação permanente) como zonas ripárias por exemplo.

Pinto (2003) corrobora com essa questão ao afirmar que para a conservação dos recursos naturais em áreas rurais é necessário conhecer seus tipos, a legislação que rege sua proteção, o papel das florestas na infiltração e conservação da água subterrânea e quais os principais usos da terra que, a curto e longo prazo, são causadores de degradação das nascentes.

Na tabela 5 estão representados os valores dos parâmetros de qualidade de água para as nascentes em área de agricultura.

Tabela 5. Resultado da qualidade da água das nascentes em área de agricultura.

Tipos de uso do solo	Turbidez (uT)	pH	Fósforo (mg/L)	Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)	Coliformes totais (UFC/100ml)	<i>E.coli</i> (UFC/100ml)	Nitrogênio total (mg/L)
Recuperada	0,85	5,9	1,44	49	34	3	<1
Sem recuperação	0,96	6,0	1,56	52	72	4	<1
Media	0,90	6	1,50	50,5	53	3,5	<1

Através da tabela 5, observa-se que a nascente recuperada indicou melhoria na qualidade da água, mas algumas variáveis se portaram de forma semelhante, como é o caso da turbidez, alcalinidade, fósforo, nitrogênio total e *E. coli*.

A nascente sem recuperação indicou maior turbidez cerca de 12,9%. Nas duas nascentes foram encontrados valores similares de fósforo. Cabe destacar que apenas as nascentes em agricultura indicaram fósforo em suas amostras. A concentração de fósforo na água das nascentes pode ser atrelado as atividades agrícolas, esgotos domésticos,

fertilizantes, excrementos de animais e presença de matéria orgânica oriunda de folhas, galhos e frutos são os principais contribuintes para a elevação nos valores de fósforo total em ambientes rurais (AGRIZZI et al., 2018). No caso desta pesquisa, a concentração de fósforo pode ser em decorrência da atividade agrícola intensa a montante das nascentes (Figura 6).



Figura 6. representação do uso do solo ao entorno das nascentes estudadas.

As duas nascentes da área agrícola se localizam em áreas APP's, no entanto essas áreas de APP's não estão em consonância com a legislação vigente. A proximidade das áreas agrícolas em relação as nascentes podem ter influenciado na condição de qualidade da água. Na figura 6, nota-se que há predomínio da agricultura com cerca de 68% da área. A floresta ao entorno das nascentes representou cerca de 18% da área total, com 9 % de áreas de pastagens, 2 casas e 3 % de rio/lago.

Nascentes em área urbanas

A qualidade da água em áreas urbanas (rios e nascentes) tem se tornado objeto de algumas pesquisas (Wang, et al. 2008; Gatica, et al., 2012; Wijesiri, et al., 2018; Antoneli et al., 2021) Dentre outros. Alguns condicionantes exercem influência direta na qualidade da água urbana, dentre eles cita-se: esgoto, lixo, produção de sedimentos, resíduos industriais, dentre outros que podem colocar a vida da população em perigo.

Bollmann e Marques (2006) corroboram com esta questão ao afirmarem que dentre os principais poluentes encontrados em uma área urbana estão: a matéria orgânica, microrganismos, os metais pesados, hidrocarbonetos provenientes de petróleo, produtos

tóxicos como pesticidas e os poluentes do ar depositados sobre a malha urbana. Cabe destacar que a maior parte desses poluentes chagam até os rios pelas galerias pluviais. A água que infiltra acaba contaminando o lençol freático interferindo assim na qualidade de água das nascentes.

Grande parte das nascentes em áreas urbanas ou foram soterradas mesmo sem permissão das leis ambientais, ou foram canalizadas. A maior parte das nascentes que se encontram “descobertas” em áreas urbanas, estão em parques ambientais ou nas áreas mais pobres onde há pouca infraestrutura.

A falta de saneamento básico e infraestrutura pode interferir diretamente na qualidade da água das nascentes. As nascentes estavam a “céu aberto” com obras de infraestrutura a montante. Mesmo assim os valores das variáveis encontrados por esta pesquisa foram similares entre as duas nascentes (tabela 6).

No caso dessa pesquisa, as duas nascentes se localizam em bairros de auto construção, com pouca infraestrutura, mas com potencial para expansão. As nascentes expostas em áreas urbanas podem ser consideradas com alto nível de contaminação, salvo alguns casos. Portanto é importante analisar como é o uso do solo ao redor das nascentes em áreas urbanas.

Tabela 6. Resultado da qualidade da água das nascentes na área urbana.

Tipos de uso do solo	Turbidez (uT)	pH	Fósforo (mg/L)	Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)	Coliformes totais (UFC/100ml)	<i>E.coli</i> (UFC/100ml)	Nitrogênio total (mg/L)
Recuperada	0,27	6,22	0	47	94	3	<1
Sem recuperação	0,57	6,01	0	37	102	5	<1
Media	0,38	6,11	0	42	98	4	<1

A maior diferença dos parâmetros analisados entre as duas nascentes, foi a turbidez, que indicou aumento de 111% da nascente sem recuperação para a nascente recuperada. Nota-se que mesmo com a recuperação da nascente, ainda sim houve alta concentração de coliformes totais e *E. coli*, com valores bastante próximos daqueles encontrados na nascente sem recuperação. Essa questão pode ser atribuída as características do uso do solo urbano a montante da nascente (figura 7).



Figura 7. Uso do solo ao entorno das nascentes na área urbana. A) nascente recuperada; B) nascente sem recuperação.

A nascente recuperada se encontra em um bairro mais pobre e com menor índice de arruamento, por conseguinte maior número de casas. A ausência de uma padronização no arruamento, permite que as quadras sejam maiores em relação ao tamanho padrão (100x 100 m). Esta condição pode interferir na dinâmica hidrológica da área ao entorno da nascente (tabela 7).

Tabela 7. Percentual de cada tipo de uso do solo ao entorno das nascentes em área urbana.

Uso do solo	Floresta	Ruas	Loteamento novos	Casas	Rio/lago
Nascente recuperada	9	11	24	52	4
Nascente sem recuperação	10	19	20	50	1

O uso do solo, ao redor das duas nascentes são similares, pois há uma vegetação nas proximidades das mesmas e áreas de novos loteamentos a montante. A nascente recuperada indicou menos valor de área destinada a ruas (11%), enquanto que a área de novos loteamentos foi maior em relação a nascente não recuperada.

5.2 Análise integrada da qualidade da água das nascentes

De forma geral as nascentes amostradas formaram dois grupos distintos, um pertinente as nascentes que não foram restauradas e outro correspondente as nascentes que receberam recuperação (figura 8).

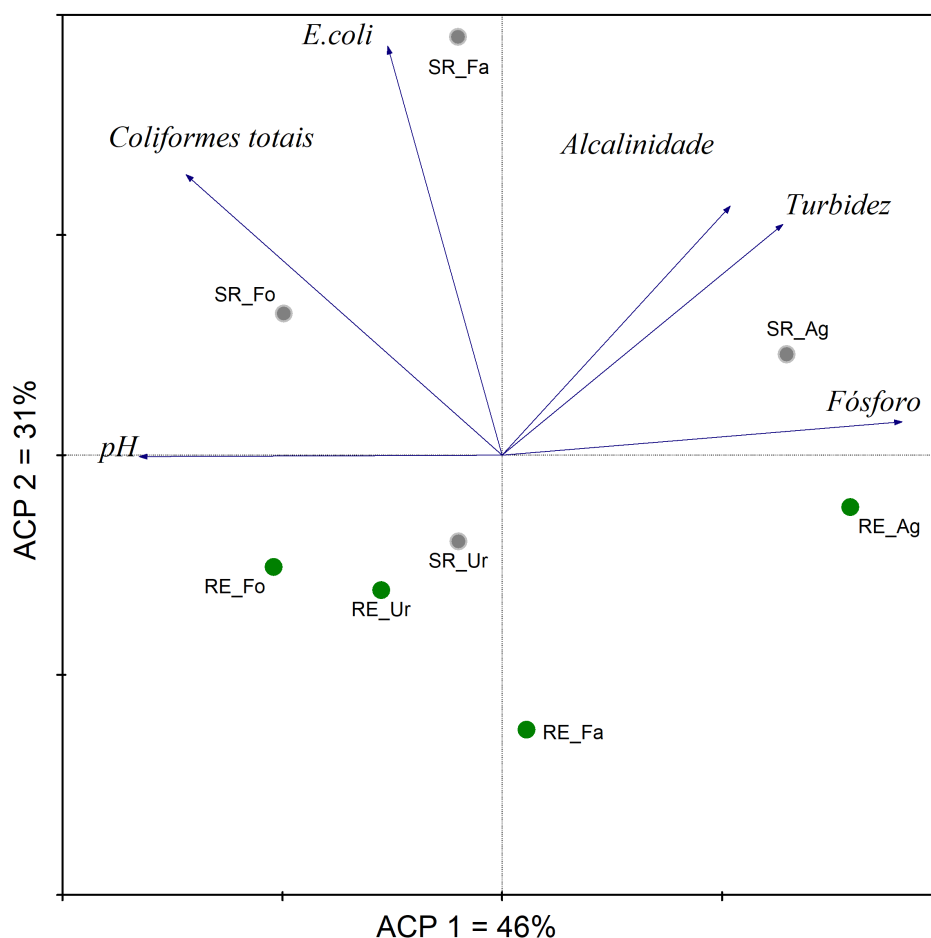


Figura 8. Análise de Componentes Principais (ACP) dos parâmetros de qualidade da água de nascentes submetidas a recuperação (RE) e não recuperadas (SR), no município de Prudentópolis – Paraná. Fo - Floresta; Fa- Faxinal; Ag - Agricultura; Ur - Urbana.

Conforme o diagrama de ordenação gerado pela ACP é possível observar que apenas uma nascente (Sem Recuperação da área urbana) ficou agrupada no quadrante inferior, junto com as nascentes que receberam técnicas de recuperação. Os Coliformes totais e *E. coli* estão correlacionados com as nascentes sem recuperação das áreas de floresta (SR_Fo) e faxinal (SR_Fa), enquanto Fósforo, turbidez e alcalinidade estão correlacionados, principalmente, com a nascente sem recuperação em área agrícola (SR_Ag).

Fósforo, pH, Turbidez e Alcalinidade contribuíram com quase 50% da ordenação encontrada, enquanto coliformes fecais e totais contribuíram com 31%, uma vez que o eixo horizontal do diagrama se refere a ACP 1, onde principalmente fósforo e pH estão

próximos. ACP 2, que corresponde ao segundo eixo tem as variáveis *E. coli* e coliformes totais mais próximas.

Conforme o agrupamento gerado pela ACP, e considerando as áreas de nascentes recuperadas e não recuperadas, foi possível contrastar de maneira univariada as médias das variáveis de qualidade da água das nascentes recuperadas e degradadas (não recuperadas). Na figura 9 é possível observar tal contraste. Observa-se que as nascentes recuperadas apresentaram valores médios significativamente inferiores ($p < 0,05$) nas áreas recuperadas para Turbidez (Figura 9-A), coliformes totais (Figura 9-E) e *E. coli* (Figura 9-F). As demais variáveis não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$).

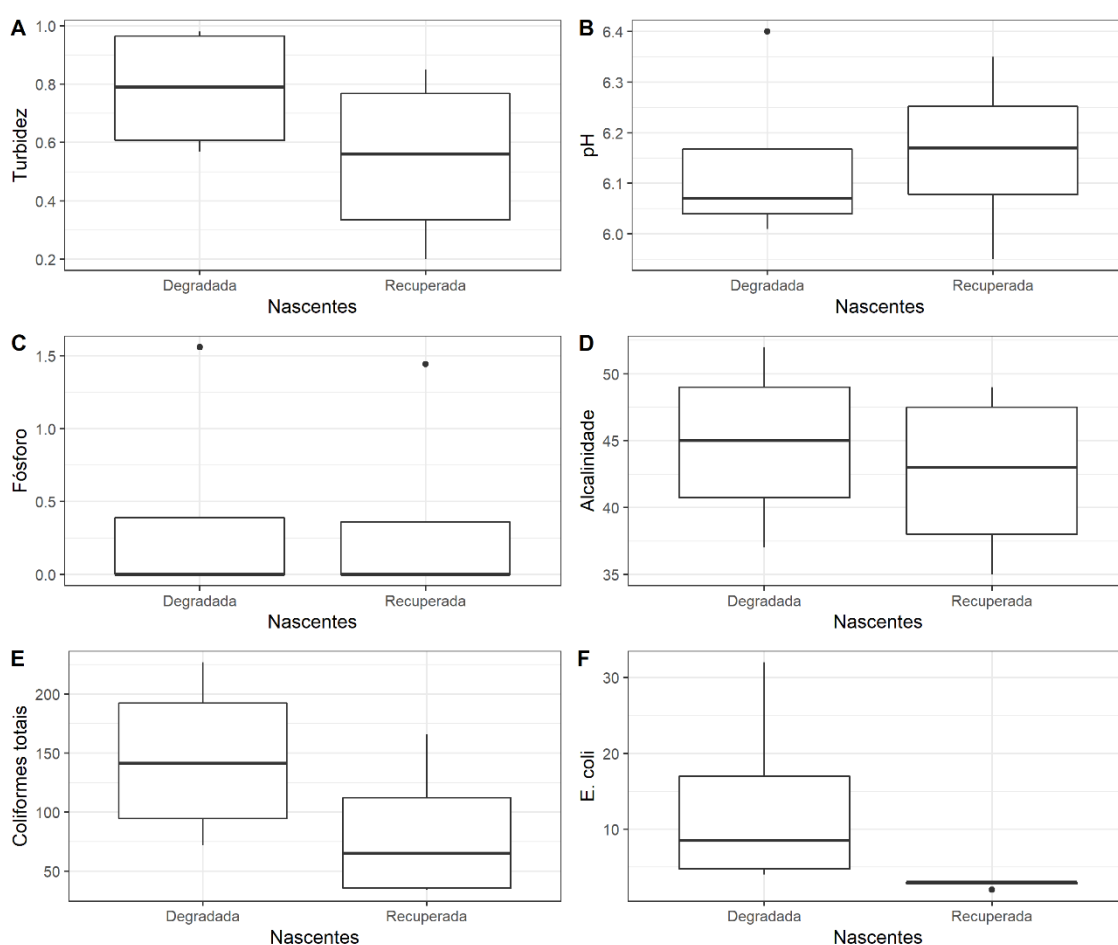


Figura 9. Gráficos de caixa das variáveis de qualidade da água: Turbidez (A); pH; (B); Fósforo (C); Alcalinidade (D); Coliformes totais (E) e *E. coli* (F) de nascentes recuperadas e degradadas localizadas no município de Prudentópolis no Paraná.

Através dos gráficos de caixa, percebe-se que o método de recuperação das nascentes é eficiente para alguns parâmetros. A nascente recuperada quando comparada com a nascente sem recuperação indicou menor turbidez, pH mais elevado, e menores valores

de coliformes totais e *E. coli*. No entanto os dados apresentados na figura 9, referem-se a média entre as nascentes recuperadas e sem recuperação.

Quando comparadas os dados do mesmo tipo de uso do solo, observa-se que este método de recuperação não é eficiente. Um exemplo disso são as áreas de agricultura, onde foi encontrado concentração similar de fósforo nas amostras, mesmo na nascente recuperada. Neste caso a forma de recuperação solo-cimento não é eficiente para reduzir a concentração de alguns produtos químicos que são utilizados na agricultura.

Portanto, o tipo de uso do solo a montante da nascente deve ser levado em consideração e quando for pensando em plano de recuperação de nascentes através deste método.

6. CONCLUSÃO

Dado o exposto acima, de acordo com o desenvolvimento da pesquisa em campo e os resultados obtidos através das análises de laboratoriais conclui-se inicialmente que o trabalho desenvolvido para realizar a recuperação das nascentes surtiu efeitos benéficos. Por meio dos valores encontrados, fica perceptível que as nascentes recuperadas indicaram melhores condições na maioria dos casos.

Na área de floresta, comparando-se a nascente recuperada e a não recuperada, o parâmetro que mais chama a atenção é a presença de *E. coli* em valores três vezes maior do que na nascente não recuperada. Em seguida percebe-se que a turbidez também é maior na nascente não recuperada com o sistema solo cimento. Por meio dos valores encontrados, fica evidente que a nascente recuperada indicou melhores condições.

No caso das nascentes localizadas nos faxinais, os dados apresentados indicaram melhor qualidade da água em todas as variáveis. Chama a atenção os números encontrados de *E.coli* na nascente não recuperada ficando quinze vezes maior do que a recuperada. Isso se deve principalmente ao contato direto dos animais com a água da nascente não recuperada. Convém ressaltar que nos dois casos, nascente recuperada e não recuperada a água é imprópria, pois com a presença de *E. coli* não é recomendado o consumo.

As nascentes localizadas em área de agricultura, tanto recuperada como a não recuperada, apresentaram valores de fósforo, componente este não encontrado nas demais situações. Neste caso específico, a presença deste componente está diretamente ligada à utilização de insumos fosforados nas atividades agrícolas.

Em área urbana, as nascentes estudadas apresentaram uma maior diferença no índice turbidez, onde a sem recuperação teve aumento maior que cem por cento em relação à recuperada. Nos dois casos foram notados valores altos de coliformes totais.

Com base no que foi apresentado, comparando as quatro situações, floresta, faxinal, agricultura e urbana, nas nascentes recuperadas, percebe-se que elementos como turbidez, pH, coliformes totais e *E. coli* são mais favoráveis à qualidade da água. Já no mesmo tipo de uso do solo, nos parâmetros avaliados em laboratório, na comparação entre a água das nascentes, de acordo com os dados apresentados não houve diferença nos parâmetros.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrizzi, D. V., Cecílio, R. A., Zanetti, S. S., Garcia, G. de O., Amaral, A. A. do., Firmino, E. F. A., & Mendes, N. G. de S (2018). Qualidade da água de nascentes do Assentamento Paraíso. *Engenharia Sanitária E Ambiental*, 23(Eng. Sanit. Ambient., 2018 23(3)).
- ALCAMO, J., C. J. VÖRÖSMARTY, R. J. NAIMAN, D. LETTENMAIER, AND C. PAHL-WOSTL (), A grand challenge for freshwater research: Understanding the global water system, *Environ. Res. Lett.*, 3, 1–6. 2008
- ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L.; BEDNARZ, J. A. The faxinal system: forest fragmentation and soil degradation on the communal grazing land. *Singapore Journal of Tropical Geography*, v.40, p 34-49. 2019. <https://doi.org/10.1111/sjtg.12258>
- Antoneli, V, Bednarz J.A, Thomaz E.L. Tobacco harvest phase is critical to runoff and soil loss in conventional tillage system. *Soil Use and Management*, 00:1–11. <https://doi.org/10.1111/sum.12824> . 2022
- ANTONELI, V.; PULIDO FERNÁNDEZ, M.; OLIVEIRA, O. de.; LOZANO-PARRA, J.; BEDNARZ, J.A.; VRAHNAKIS, M.; GARCÍA-MARÍN, R. Partial Grazing Exclusion as Strategy to Reduce Land Degradation in the Traditional Brazilian Faxinal System: Field Data and Farmers' Perceptions. *Sustainability*. 12, 7456. 2020.
- Antoneli, V.; Pulido-Fernández, M.; Bednarz, J.A.; Brandes, L.; Vrahnakis, M.; Kazoglou, Y.; Lozano-Parra, J.; García-Marín, R. Changes in Water Quality of the River das Antas as It Passes through Rural and Urban Areas. *Urban Sci*. 2021, 5, 22.
- Antoneli, V.; Rebinski, E.A.; Bednarz, J.A.; Rodrigo-Comino, J.; Keesstra, S.D.; Cerdà, A.; Pulido Fernández, M. Soil erosion induced by the introduction of new pasture species in a faxinal farm of Southern Brazil. *Geosciences* 2018, 8, 166
- APHA. American Public Health Association in Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington: American Public Health Association, 2018.
- ARCOVA, F. C. S.; CESAR, S. F.; CICCIO, V. Qualidade da água em microbacias recobertas por floresta de Mata Atlântica. Cunha, São Paulo. *Revista do Instituto Florestal de São Paulo*, São Paulo, v.10, n.2, p.185-96, 1998.
- AULICINO, L. C. M.; RUDORFF, B. F. T.; MOREIRA, M. A.; MEDEIROS, J. S.; SIMI JÚNIOR, R. Subsídios para o Manejo Sustentável da Bacia Hidrográfica do Rio Una através do uso de técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE PERCEPCIÓN REMOTA, 9., 2000, Puerto Iguazu, Misiones, Argentina. *Anais... Argentina*, 2000.

BERNHARDT, E.; PALMER, M.; ALLAN, J. D.; ALEXANDER, G.; BARNAS K.; BROOKS, S. 2005. Ecology – Synthesizing US River Restoration Efforts. *Science*, v. 308, p. 636-637.

Bollmann, H. A., & Marques, D. M. L. da M. Influência da densidade populacional nas relações entre matéria orgânica carbonácea, nitrogênio e fósforo em rios urbanos situados em áreas com baixa cobertura sanitária. *Engenharia Sanitaria E Ambiental*, 11(Eng. Sanit. Ambient., 2006 11(4)).

Boretti, A., Rosa, L. Reassessing the projections of the World Water Development Report. *npj Clean Water* 2, 15 (2019)

BOURGEOIS, B. VANASSE, A. RIVEST, D. POULIN, M. Establishment success of trees planted in riparian buffer zones along an agricultural intensification gradient. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 222, n. 15, p 60-66. 2016

BRASIL. Lei Federal n. 4.771. Institui o Novo Código Florestal Brasileiro de 15 de setembro de 1965.

Castro Ribeiro, de P. R. C. Ribeiro, J.J; dos Santos Neto, A. R. Pereira da Rocha, J.R., Souza Corte, I. Métodos de recuperação de mata ciliar como proposta de recuperação de nascentes no cerrado. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. 2012 1866

CRESTANA, M. S. M.; TOLEDO FILHO, D. V.; CAMPOS, J. B. Florestas: sistemas de recuperação com essências nativas. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1993. 60p.

Crispim, J. de Q.; Malysz, S. T.; Cardoso, O.; Pagliarini Junior, S.N. Conservação e proteção de nascentes por meio do solo cimento em pequenas propriedades agrícolas na bacia hidrográfica Rio do Campo no Município de Campo Mourão. *REVISTA GEONORTE*, Edição Especial, V.3, N.4, p. 781-790, 2012.

DA SILVA, X. Geoprocessamento e análise ambiental. *Revista Brasileira de Geografia*. v. 54, p. 47-61, 1992.

DAVIDE, A. C.; PINTO, L. V. A.; MONNERAT, P. F.; BOTELHO, S. A.; PRADO, N. J. S. Nascente: o verdadeiro tesouro da propriedade rural. 2. ed. Belo Horizonte: CEMIG, 2004. 62 p

DAWSON, D.J.; SARTORY, D.P. Microbiological safety of water. *British Medical Bulletin*, v.56, p.74-83, 2000.

DUARTE, K.M.R.; GOMES, L.H.; DOZZO, A.D.P.; ROCHA, F.; LIRA, S.P.; DEMARCHI, J.J.A.A. (2014) Qualidade microbiológica da água para consumo animal. Boletim de Indústria Animal, v. 71, n. 2, p. 135-142.

FELIPPE, M.F. & JUNIOR, A.P.M. Desenvolvimento de uma tipologia hidrogeomorfológica de nascentes baseada em estatística nebulosa multivariada. Revista Brasileira de Geomorfologia, São Paulo, n. 3, p. 393 -409, jul. 2014.

FLORENZANO, T. G. Imagens de Satélite para Estudos Ambientais. São Paulo: Oficina de textos, 2002.

Food And Agriculture Organization of the United Nations (FAO), AQUASTAT www.fao.org/nr/aquastat/. (2018).

GAMA J. R. V. et al. Estrutura e potencial futuro de utilização da regeneração natural de floresta de várzea alta no município de Afuá, Estado do Pará. Ciência Florestal, v. 13, n. 2, p. 71-83, 2003.

Gatica, E.A.; Almeida, C.A.; Mallea, M.A.; Del Corigliano, M.C.; González, P. Water quality assessment, by statistical analysis, on rural and urban areas of Chocancharava River (Río Cuarto), Córdoba, Argentina. Environ. Monit. Assess. 2012, 184, 7257–7274.

GOMES, P.M.; MELO, C.; VALE, V.S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. Sociedade & Natureza, v. 17, n.32, p. 103 - 120, 2005.

GUIMARÃES, M. Cartografia Ambiental da Região de Vitória da Conquista – BA. 1999, 200 fl. Dissertação (Mestrado em Ecologia), - Instituto de Biologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

Hannah, D. M., Abbott, B. W., Khamis, K., Kelleher, C., Lynch, I., Krause, S., & Ward, A. S. (2022). Illuminating the ‘invisible water crisis’ to address global water pollution challenges. Hydrological Processes, 36(3), e14525. <https://doi-org.ez132.periodicos.capes.gov.br/10.1002/hyp.14525>

HARREMOES, P.,1998. The challenge of managing water and material balances in relation to eutrophication. Water Scienc and Thechnolog, 37(3):9-17, IAWQ.

HAURESKO, C. Fumo e êxodo rural: transformações sócio-espaciais nas comunidades rurais de agricultores ucraino-brasileiros em Prudentópolis – PR. Dissertação (mestrado) – UFPR. Curitiba, 2001, 167 p.

IAPAR –Instituto Agrônomo do Paraná. Caracterização da Agricultura no Paraná. Londrina, 1995.

Johnson, R. A. & Wichern, D.W. – Applied Multivariate Statistical Analysis; Prentice Hall Inc., Englewood NJ, 1998.

Jury, W. A., and H. Vaux Jr. (2005), The role of science in solving the world's emerging water problems, *Proc. of the Natl. Acad. of Sci.*, 102(44), 15,715–15,720,

KAUFFMAN, J. B.; BESCHTA, R. L.; OTTING N.; LYTJEN, D. 1997. An ecological Perspective of Riparian and Stream Restoration in the Western United States. *Fisheries*, v. 22, p. 12-24.

Kristensen P., Whalley C., Zal F.N.N., Christiansen T., (2018). European waters assessment of status and pressures 2018. EEA Report (7/2018).

KUGLEROVÁ, L.; ÅGREN, A.; JANSSON, R.; LAUDON, H. Towards optimizing riparian buffer zones: Ecological and biogeochemical implications for forest management. *Forest Ecology and Management*, v. 334, p.74–84. 2014.

Landrigan, P. J., Fuller, R., Acosta, N. J. R., Adeyi, O., Arnold, R., Basu, N. N., Baldé, A. B., Bertollini, R., Bose-O'Reilly, S., Boufford, J. I., Breyse, P. N., Chiles, T., Mahidol, C., Coll-Seck, A. M., Cropper, M. L., Fobil, J., Fuster, V., Greenstone, M., Haines, A., & Hanrahan, D. (2018). The lancet commission on pollution and health. *The Lancet*, 391(10119), 462–512.

Levia, D. F., Creed, I. F., Hannah, D. M., Nanko, K., Boyer, E. W., Carlyle-Moses, D. E., van de Giesen, N., Grasso, D., Guswa, A. J., Hudson, J. E., Hudson, S. A., Iida, S.', Jackson, R. B., Katul, G. G., Kumagai, T., Llorens, P., Ribeiro, F. L., Pataki, D. E., Peters, C. A. Bruen, M. (2020). Homogenization of the terrestrial water cycle. *NatureGeoscience*, 13(10), 656– 658. <https://doiorg.ez132.periodicos.capes.gov.br/10.1038/s41561-020-0641-y>

Li W 2006 Community Decisionmaking: Participation in Development *Annals of Tourism Research* 33 132–143

LIMA, W. P; ZAKIA, M.J.B. Hidrologia de matas ciliares. Matas ciliares: Conservação e recuperação. Editora da Universidade de São Paulo. 2000.

LUZ, C. N. Uso e ocupação do solo e os impactos na qualidade dos recursos hídricos superficiais da bacia do rio Ipitanga. 2009. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

MAACK, R. Geografia física do Paraná. Rio de Janeiro: José Olympio, 1968.

MARTINS, M. H. B.; SILVA, S. F. Uso de Imagens dos satélites CBERS-2 e Landsat V para mapeamento do Desflorestamento no Município de Ipixuna/AM: uma proposta metodológica para a Fiscalização Ambiental na região Amazônica. In: Simpósio

Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, 2007, Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007. p. 6687-6694.

MILARÉ, Édis. Direito do Ambiente: a gestão ambiental em foco: doutrina, jurisprudência, glossário. 6. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2009.

Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Fonseca GAB, Kent J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. 2000;403(6772):853-8

Narvaes I. da S.; Brena, S.A.; Longhi, S. J. Estrutura da regeneração natural em Floresta Ombrófila Mista na floresta nacional de São Francisco de Paula, RS. *Ciência Florestal*, v. 15, n. 4, 2005

Niu, A.P. Song, L.Y. Xiong, Y.H. Lu, C.J. Junaid, M. Pei, D.S. Impact of water quality on the microbial diversity in the surface water along the Three Gorge Reservoir (TGR), China *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 181 (2019), pp. 412-418

OLIVEIRA, M.C.P; OLIVEIRA, B.T.A.O; DIAS, M.M.N; SILVA, B.M; SILVA, S.V.B; FELIPPE, M.F. Avaliação macroscópica da qualidade das nascentes do campus da Universidade Federal de Juiz de Fora. *Revista Geografia*. v. 3, n. 1, 2013

Olum Y 2014 Decentralisation in Developing Countries: Preconditions for Successful Implementation [Internet] *Commonwealth Journal of Local Governance* Issue Available from: <http://epress.lib.uts.edu.au/ojs/index.php/cjlg>

PALMER, M.; BERNHARDT E. S.; CHORNESKY, E.; COLLINS, S.; DOBSON, A.; DUKE, C. 2004. Ecology for a Crowded Planet. *Science*, v. 304, p. 1251-1252.

PEREIRA, V. P.; Solo: manejo e controle de erosão hídrica. Jaboticabal: FCAV, 1997. 56 p

PIERONI, J. P., RODRIGUES BRANCO, K. G., VALLE DIA, G. R do., FERREIRA, G.C. Avaliação do estado de conservação de nascentes em microbacias hidrográficas. São Paulo, UNESP, *Geociências*, v. 38, n. 1, p.185 -193, 2019.

PINTO, L. V. A. Caracterização física da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras-MG, e propostas de recuperação de suas nascentes. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal – Universidade Federal de Lavras – UFL, Lavras – MG. 2003. p.171.

PRIMAVESI, O.; FREITAS, A.R.; PRIMAVESI, A.C.; OLIVEIRA, H.T. (2002) Water quality of the Canchim's creek watershed in São Carlos, SP, Brazil, occupied by beef and dairy cattle activities. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 45, n. 2, p. 209-217.

RHEINHARDT, R. BRINSON, M. MEYER, G. MILLER, K. Carbon storage of headwater riparian zones in an agricultural landscape. *Carbon Balance Manag.*, v. 7 p. 4.2012.

RStudio Team (2020). RStudio. Integr

SANTANA, N.R.F; AGUIAR NETO, A.O; SILVA, M.G.; GARCIA, C. A. B. Índice de qualidade da água nas nascentes do rio Piauitinga-SE por análise multivariada e o uso na irrigação. *Rev. Bras. Agric. Irr.*, v. 10, n. 6, p. 999–1010, 2016. DOI: 10.7127/rbai.v10n60044.

SANTOS, I. dos; FILL, H. D.; SUGAI, M. R. V. B; BUBA, H.; KISHI, R. T.; LAUTERT, L. F., 2001. *Hidrometria Aplicada*. LACTEC - Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. Curitiba, PR. 372p.

Sebastian, F. P. Purified Wastewater: The Untapped Water Resource. *J. Water Pollut. Control Fed.* 46, 239–246 (1974).

SOARES, J.B.; MAIA, A.C.F. Água: microbiologia e tratamento. Fortaleza: UFC, 1999. 215p.

Soares, S. E. H.; de Oliveira, M.M.A.; Silva de Albuquerque, A. L. *Tecnologia Social de Recuperação de Nascentes no estado de Alagoas*. Volume 6, Número 1 (jan./mar. 2021) pp: 1828-1836.

SREBOTNJAK, T., CARR, G., SHERBININ, A. e RICKWOOD, C., 2012. Um índice global de qualidade da água e imputação de dados ausentes no hot-deck. *Indicadores Ecológicos*, vol. 17, p. 108-119. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.023>

Srinivasan, V., Lambin, E. F., Gorelick, S. M., Thompson, B. H., and Rozelle, S. (2012), The nature and causes of the global water crisis: Syndromes from a meta-analysis of coupled human-water studies, *Water Resour. Res.*, 48, W10516, doi:[10.1029/2011WR011087](https://doi.org/10.1029/2011WR011087).

STOY, P. F. A Review of landscape influences on riparian zone processes in mountainous headwater catchments. Master of Science MONTANA STATE UNIVERSITY. Montana. 2012. 68p

Thomaz, E.L.; Antoneli, V. Rain interception in a secondary fragment of araucaria forest with Faxinal, Guarapuava-PR. *Cerne* 2015, 21, 363–369.

TOLEDO, A. P.; AGUDO, E. G.; TOLARICO, M.; CHINEZ, S. J., 1984. Aplicação de modelos simplificados para avaliação da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais; CETESB.

Tomaszewska, B. Bundschuh, J. Pająk, L. Dendys, M. Quezada, V.D. Bodzek M., Armienta, M.A. Muñoz, M.O. Kasztelewicz, A. Use of low-enthalpy and waste geothermal energy sources to solve arsenic problems in freshwater production in selected regions of Latin America using a process membrane distillation – research into model solutions. *Sci. Total Environ.*, 714 (2020),

TOWSHEND, J. R. G. Environmental database and GIS. In: MAGUIRE, D. J., GOODCHILD, M. F., 14. RHIND, D. W. Geographical information systems: principles and applications. New York: Longman Scientific & Technical, 1992. p., p. 201-205.

TUNDISI, J. G. Limnologia do século XXI: perspectivas e desafios. São Carlos: Suprema Gráfica e Editora, IIE, 1999. 24 p.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. Dossiê Água. Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo. Pesquisado em 26/03/2023. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200002>

UNEP. (2016). Snapshot of the World's water quality: Towards a global assessment. United Nations Environ. Program.

Unicef, W. H. O. 2015 Progress on Sanitation and Drinking Water–2015 Update and MDG Assessment (JM Program, Geneva, Switzerland, 2016).

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. Conservação de Nascentes: produção de água em pequenas bacias hidrográficas. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2011.

Van Meter, K. J., Van Cappellen, P., & Basu, N. B. (2018). Legacy nitrogen may prevent achievement of water quality goals in the Gulf of Mexico. *Science*, 360(6387), 427– 430. [https://doi-org.ez132.periodicos.capes.gov.br/10.1126/science.aar4462](https://doi.org.ez132.periodicos.capes.gov.br/10.1126/science.aar4462)

VAZHEMIN, I. G. Chemical composition of natural waters in the VYG river basin in relation to the soil of Central Karelia. *Soviet Soil Science*, Silver Spring, v.4, n.1, p.90-101, 1972.

VIEIRA, J. M. P.; PINHO, J. L. S.; DUARTE, A. A. L. S., 1998; Eutrophication vulnerability analysis: a case study. *Water Scienc and Thechnolog.*37(3):121-128, IAWQ.

VON SPERLING, M.,1995. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos; vol 1, SEGRAC, Minas Gerais.

Vorosmarty, C.J. McIntyre, P.B. Gessner, M.O. Dudgeon, D. Prusevich, A. Green, P. Glidden, S. , . Bunn, S.E Sullivan, C.A. Liermann, C.R. Davies P.M. Global threats to

human water security and river biodiversity *Nature*, 467 (7315) (2010), pp. 555-561
<https://10.1038/nature09440>

Wang, J.; Da, L.; Song, K.; Li, B.-L. Temporal variations of surface water quality in urban, suburban and rural areas during rapid urbanization in Shanghai, China. *Environ. Pollut.* 2008, 152, 387–393.

Wijesiri, B.; Deilami, K.; Goonetilleke, A. Evaluating the relationship between temporal changes in land use and resulting water quality. *Environ. Pollut.* 2018, 234, 480–486

WINSA, H; BERGSTEN, U. Direct seeding of *Pinus sylvestris* using microsite preparation and invigorated seed lots of different quality. *Canadian journal of forest Research*. Ottawa. 1994.

World Health Organization, WHO/UNICEF Joint Water Supply and Sanitation Monitoring Programme. Progress on sanitation and drinking water: 2015 update and MDG assessment (World Health Organization, New York, United States, 2015).

World Water Assessment Programme (Nations Unies), The United Nations World Water Development Report 2018 (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, New York, United States)

XIANG, H.; ZHANG, Y.; RICHARDSON, J. S. Importance of Riparian Zone: Effects of Resource Availability at Land-water Interface. *Riparian Ecol. Conserv.*, v.3,p.1-17. 2016

ZAGATTO, P. A.; INQUE, J.; NAKAHIRA, S.; BERTOLETTI, E.; GHERARDI-GOLDSTEIN, E., 1993. Dispersão de efluentes e os padrões ambientais; *Ambiente*; vol 7, No 1.

Zhou, Z.; Gan, Z.; Shangguan, Z.; Dong, Z. Effects of grazing on soil physical properties and soil erodibility in semiarid grassland of the Northern Loess Plateau (China). *Catena* 2010, 82, 87–91.