



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL EM
DIFERENTES USOS DO SOLO NA BACIA DO MÉDIO E BAIXO
JEQUITINHONHA (2013-2023)**

Maria Vitória Lopes Matos

Belo Horizonte

2025

Maria Vitória Lopes Matos

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL EM
DIFERENTES USOS DO SOLO NA BACIA DO MÉDIO E BAIXO
JEQUITINHONHA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Ambiental e Sanitarista

Orientador: Prof. Dr. Frederico Keizo Odan

Belo Horizonte

2025



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS
GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL - NS



FOLHA DE APROVAÇÃO DE TCC Nº 5 / 2025 - DCTA (11.55.03)

Nº do Protocolo: 23062.037613/2025-30

Belo Horizonte-MG, 16 de julho de 2025.

FOLHA DE APROVAÇÃO DE TCC

Maria Vitória Lopes Matos

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL EM DIFERENTES USOS DO SOLO NA BACIA DO MÉDIO E BAIXO JEQUITINHONHA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Aprovado em 16 de julho de 2025

Banca examinadora:

Presidente da Banca Examinadora

Prof. DSc. Frederico Keizo Odan – CEFET-MG – Orientador

1º Avaliador

Prof. DSc. Carlos Wagner Gonçalves Andrade Coelho – CEFET-MG

2º Avaliador

Prof. DSc. Wagner Guadagnin Moravia – CEFET-MG

(Assinado digitalmente em 17/07/2025 10:21)
CARLOS WAGNER GONCALVES ANDRADE COELHO
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DCTA (11.55.03)
Matrícula: 2145451

(Assinado digitalmente em 17/07/2025 10:22)
FREDERICO KEIZO ODAN
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DCTA (11.55.03)
Matrícula: 2092847

(Assinado digitalmente em 17/07/2025 09:11)
WAGNER GUADAGNIN MORAVIA
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DCTA (11.55.03)
Matrícula: 1533005

Visualize o documento original em <https://sig.cefetmg.br/public/documentos/index.jsp>
informando seu número: **5**, ano: **2025**, tipo: **FOLHA DE APROVAÇÃO DE TCC**, data de emissão:
16/07/2025 e o código de verificação: **f45b9f12f8**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus, pela minha saúde, por me iluminar e por todo suporte durante essa longa caminhada acadêmica.

À minha mãe, Fátima, por não medir esforços para realizar os meus sonhos, por todo suporte durante a minha vida e, principalmente, durante a faculdade. Mamãe, sem a senhora essa caminhada não seria possível! Ao meu pai, Marcos (*in memoriam*), que ao longo dessa caminhada partiu, mas tenho certeza de que está feliz com minha vitória! À minha irmã, Anna Luiza, pelo apoio e incentivo nesses anos. Ao meu noivo, Otniel, por todo apoio, compreensão, suporte e paciência incondicional durante esta longa caminhada. Amo vocês!

Ao meu orientador, professor Frederico, por aceitar esse desafio, por toda paciência, conversa, dedicação e comprometimento com meu trabalho ao longo desses dois semestres.

Aos amigos que conheci durante essa jornada, obrigada por cada momento, pelas trocas e por todo apoio, com vocês esse percurso foi mais feliz! Por fim, agradeço ao CEFET-MG e a todo o corpo docente que contribuiu para a minha formação acadêmica e profissional.

RESUMO

MATOS, M. V. L. ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL EM DIFERENTES USOS DO SOLO NA BACIA DO MÉDIO E BAIXO JEQUITINHONHA. 2025. 100 p. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2025.

A água é um recurso natural essencial tanto para a manutenção da natureza quanto para as atividades humanas. Porém, o seu uso inadequado e a ocupação do solo são determinantes para a degradação da qualidade da água, fenômeno que constitui uma das principais preocupações ambientais atuais, especialmente em regiões com crescente pressão antrópica. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência das mudanças no uso e ocupação do solo sobre a qualidade das águas superficiais na bacia do médio e baixo Jequitinhonha (JQ3), em Minas Gerais, no período de 2013 a 2023. Para tanto, foram utilizados dados de qualidade da água provenientes do Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM e dados de uso e cobertura do solo obtidos do MapBiomas. Inicialmente, foram delimitadas bacias de contribuição no QGIS para as estações de monitoramento ao longo do rio Jequitinhonha. Em seguida, foram realizadas as análises estatísticas por meio do software RStudio, com a aplicação de testes de significância (teste t, Wilcoxon e Mann-Whitney) para comparar os valores dos parâmetros de qualidade da água entre os anos de 2013 e 2023. Essas comparações consideraram tanto amostras pareadas (dados de mesma estação em anos distintos) quanto amostras independentes (dados de estações próximas no mesmo ano), com o objetivo de verificar se as diferenças observadas eram estatisticamente significativas. Posteriormente, os dados que apresentaram variação significativa foram então correlacionados com as classes de uso do solo predominantes nas bacias de contribuição por meio do teste de correlação de Spearman no software Jamovi. Os resultados apontaram que houve mudanças significativas em parâmetros como oxigênio dissolvido, fósforo total, nitrogênio amoniacal total e temperatura, as quais podem estar associadas as alterações no uso do solo, com destaque para a substituição de vegetação nativa por pastagens, mosaico de usos e silvicultura. A análise espaço-temporal forneceu indícios de que a intensificação de atividades antrópicas pode impactar negativamente a qualidade da água, sendo que o parâmetro nitrogênio amoniacal total apresentou maior sensibilidade às alterações de uso do solo. Por fim, conclui-se que a relação entre o uso do solo e a qualidade da água é

evidente e que o monitoramento contínuo e integrado é essencial para subsidiar políticas públicas voltadas à conservação dos recursos hídricos na região.

Palavras-chave: Recursos hídricos. Manejo do solo. Análise estatística. Correlação de Spearman.

ABSTRACT

MATOS, M. V. L. SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS OF SURFACE WATER QUALITY IN DIFFERENT LAND USES IN THE MIDDLE AND LOWER JEQUITINHONHA BASIN. 2025. 100 p. Undergraduate thesis (Environmental and Sanitary Engineering) - Department of Environmental Science and Technology, Federal Center of Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2025.

Water is an essential natural resource both for the maintenance of nature and for human activities. However, its inappropriate use and land occupation are determining factors in the degradation of water quality, a phenomenon that is one of the main environmental concerns today, especially in regions with growing anthropogenic pressure. The aim of this study was to assess the influence of changes in land use and occupation on surface water quality in the middle and lower Jequitinhonha basin (JQ3), in Minas Gerais, from 2013 to 2023. To this end, water quality data from the Minas Gerais Institute of Water Management (IGAM) and land use and land cover data from MapBiomas were used. Initially, catchment areas were delimited in QGIS for the monitoring stations along the Jequitinhonha River. Statistical analyses were then carried out using RStudio software, with the application of significance tests (t-test, Wilcoxon and Mann-Whitney) to compare the values of the water quality parameters between the years 2013 and 2023. These comparisons considered both paired samples (data from the same station in different years) and independent samples (data from nearby stations in the same year), with the aim of checking whether the differences observed were statistically significant. Subsequently, the data that showed significant variation was then correlated with the predominant land use classes in the catchments using the Spearman correlation test in the Jamovi software. The results showed that there were significant changes in parameters such as dissolved oxygen, total phosphorus, total ammoniacal nitrogen and temperature, which may be associated with changes in land use, especially the replacement of native vegetation with pasture, a mosaic of uses and forestry. The spatio-temporal analysis provided evidence that the intensification of anthropic activities can have a negative impact on water quality, in which total ammonia nitrogen being the parameter most sensitive to changes in land use. Finally, it can be concluded that the relationship between land use and water quality is evident and that continuous and integrated monitoring is essential to support public policies aimed at conserving water resources in the region.

Keywords: Water resources. Soil management. Statistical analysis. Spearman's correlation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3-1- Linha do tempo: legislações pertinentes à proteção dos recursos hídricos.	21
Figura 3-2 – Classificação e finalidade de águas doces	25
Figura 4-1 – Fluxograma da metodologia adotada.....	32
Figura 4-2 Mapa de localização da circunscrição hidrográfica JQ3 em Minas Gerais	33
Figura 4-3 - Exemplo do código R com carregamento da planilha dos dados, acionamento de bibliotecas e filtragem dos dados de oxigênio dissolvido	38
Figura 4-4 Fluxograma da análise estatística para os dados pareados	40
Figura 4-5 Fluxograma da análise estatística para os dados independentes.....	43
Figura 4-6 Exemplo do código R aplicado ao parâmetro coliformes total.....	43
Figura 5-1 - Localização das bacias de contribuição geradas para as estações de monitoramento de água da área de estudo	47
Figura 5-2 - Uso e ocupação do solo para a bacia de contribuição da estação JE011 nos anos de 2013 e 2023.....	50
Figura 5-3 - Uso e ocupação do solo para a bacia de contribuição da estação JE019 nos anos de 2013 e 2023.....	52
Figura 5-4 - Uso e ocupação do solo para a bacia de contribuição da estação JE021 nos anos de 2013 e 2023.....	54
Figura 5-5 - Uso e ocupação do solo para a bacia de contribuição da estação JE023 nos anos de 2013 e 2023.....	57
Figura 5-6 - Uso e ocupação do solo para a bacia de contribuição da estação JE025 nos anos de 2013 e 2023.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Estações de monitoramento do IGAM pertencentes a bacia JQ3	35
Tabela 4.2 – Bibliotecas utilizadas no RStudio	38
Tabela 4.3 – Interpretação do coeficiente de correlação, referente a força de associação entre os parâmetros.	45
Tabela 5.1 - Características das bacias de contribuição (BC) avaliadas no estudo	46
Tabela 5.2 – Distribuição das áreas de uso e ocupação do solo da bacia de contribuição da estação JE011	48
Tabela 5.3 – Distribuição das áreas de uso e ocupação do solo da bacia de contribuição da estação JE019	51
Tabela 5.4 – Distribuição das áreas de uso e ocupação do solo da bacia de contribuição da estação JE021	53
Tabela 5.5 – Distribuição das áreas de uso e ocupação do solo da bacia de contribuição da estação JE023	55
Tabela 5.6 – Distribuição das áreas de uso e ocupação do solo da bacia de contribuição da estação JE025	56
Tabela 5.7 – Resultados dos testes de Shapiro-Wilk, t e Mann-Whitney nas estações pareadas para os parâmetros de qualidade de água de 2013 e 2023	61
Tabela 5.8 – Resultados do teste de Shapiro-Wilk para os parâmetros de qualidade de água das estações nos anos de 2013 e 2023	62
Tabela 5.9 – Resultados do teste t e do teste de Mann-Whitney para estações as independentes	63
Tabela 5.10 – Médias dos parâmetros com diferenças estatisticamente significativas entre estações selecionadas (2013 e 2023)	65
Tabela 5.11 – Análise da correlação entre os parâmetros de qualidade de água e o uso e ocupação do solo da BC JE011	70
Tabela 5.12 – Análise da correlação entre os parâmetros de qualidade de água e o uso e ocupação do solo da BC JE019	71
Tabela 5.13 – Análise da correlação entre os parâmetros de qualidade de água e o uso e ocupação do solo da BC JE021	71
Tabela 5.14 – Análise da correlação entre os parâmetros de qualidade de água e o uso e ocupação do solo da BC JE023	72

Tabela 5.15 – Análise da correlação entre os parâmetros de qualidade de água e o uso e ocupação do solo da BC JE025	72
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

APP – Área de Preservação Permanente

BC – Bacia de contribuição

CBH – Comitê de Bacia Hidrográfica

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

JQ3 – Circunscrição hidrográfica do Médio e Baixo rio Jequitinhonha

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	18
2.1	Objetivo geral	18
2.2	Objetivos específicos.....	18
3	REVISÃO DA LITERATURA	19
3.1	Qualidade da água.....	19
3.2	Legislações no Brasil pertinentes aos recursos hídricos	20
3.3	Monitoramento da qualidade da água	26
3.4	Uso e ocupação do solo e a qualidade da água.....	27
4	METODOLOGIA	32
4.1	Área de estudo	32
4.2	Aquisição e tratamento dos dados	34
4.2.1	<i>Dados de qualidade da água.....</i>	<i>34</i>
4.2.2	<i>Dados de uso e ocupação do solo</i>	<i>35</i>
4.2.3	<i>Bacias de contribuição</i>	<i>36</i>
4.3	Análise estatística no RStudio	37
4.3.1	<i>Dados de qualidade da água.....</i>	<i>37</i>
4.3.2	<i>Teste para estações pareadas.....</i>	<i>39</i>
4.3.3	<i>Teste para estações independentes.....</i>	<i>42</i>
4.4	Correlação de Spearman no Jamovi.....	44
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.1	Caracterização da área de estudo	46
5.2	Bacias de contribuição	46
5.3	Uso e ocupação do solo	48
5.4	Teste de significância para estações pareadas	59
5.5	Teste de significância para estações independentes	62

5.6	Correlação de Spearman	66
6	CONCLUSÕES	73
7	RECOMENDAÇÕES	75
8	REFERÊNCIAS	76
	APÊNDICE A – DADOS DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	86

1 INTRODUÇÃO

Um dos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) é "assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos", destacando a importância da preservação dos recursos hídricos (Brasil, 1997). A água, recurso essencial para a vida, desempenha papel estratégico no desenvolvimento sustentável ao influenciar diretamente setores como saúde, agricultura, energia e indústria. No entanto, a crescente pressão antrópica, representada pelo crescimento desordenado do uso e ocupação do solo, tem comprometido significativamente a qualidade das águas superficiais.

Nas últimas décadas, a poluição hídrica tem se destacado como um dos principais desafios ambientais no Brasil e no mundo. Atividades como desmatamento, urbanização desordenada e práticas agrícolas inadequadas têm sido apontadas em estudos (Pontes; Marques; Marques, 2012) como os principais fatores responsáveis pelo aumento da erosão, transporte de sedimentos e aporte de nutrientes nos corpos hídricos, gerando problemas como eutrofização e redução do oxigênio dissolvido. Trindade et al. (2017), por exemplo, analisaram a sub-bacia do Rio das Velhas (MG) entre 2002 e 2011 e identificaram que áreas sob forte influência urbana apresentaram aumento de DBO, nitrato e coliformes, resultando na degradação significativa do Índice de Qualidade da Água (IQA). O estudo apontou que a poluição se intensifica especialmente em regiões de expansão da malha urbana e industrial, com lançamentos de esgoto sem tratamento, refletindo um padrão que se repete em outras bacias hidrográficas brasileiras.

Para além dos impactos ambientais, os efeitos da má qualidade da água se estendem também ao campo socioeconômico e à saúde pública. Segundo informações disponíveis no Painel Saneamento Brasil (2024), o Brasil teve, em 2022, mais de 190 mil internações apenas em decorrência de doenças de veiculação hídrica, o que culminou em cerca de R\$ 87 milhões em gastos para o país. Contudo, esses valores representam apenas os custos diretos relacionados ao atendimento médico, desconsiderando os impactos econômicos indiretos, como perda de produtividade, absenteísmo e a redução da qualidade de vida das populações afetadas.

Dentro desse panorama, a *World Health Organization* (WHO, 2012) aponta que cada dólar investido em saneamento básico pode gerar um retorno econômico de até US\$ 5,5, devido à redução de custos com o tratamento de doenças e à melhoria geral das condições de saúde e bem-estar da população. Portanto, investimentos em infraestrutura de saneamento e no controle

da poluição hídrica não apenas têm o potencial de aliviar a sobrecarga dos sistemas de saúde, mas também contribuem para a redução dos custos socioeconômicos associados à má qualidade da água.

Além disso, a poluição hídrica compromete atividades econômicas importantes, como a pesca e o turismo, ao mesmo tempo que eleva consideravelmente os custos de tratamento da água destinada ao abastecimento humano. De acordo com a Resolução nº 357 do CONAMA (2005), as águas são classificadas em diferentes classes com base em seus usos preponderantes e na qualidade exigida para tais usos. Quando a qualidade da água é reduzida e se enquadra em classes inferiores, como as destinadas a usos menos exigentes, mais etapas de tratamento são necessárias para adequá-la ao consumo humano (CONAMA, 2005). Tal aumento na complexidade do tratamento encarece os processos de potabilização, uma vez que sobrecarrega os sistemas de abastecimento público e, muitas vezes, inviabiliza economicamente sua utilização para certas finalidades.

Nesse contexto, compreender a relação entre os usos do solo e a qualidade da água é fundamental para subsidiar políticas públicas que promovam a conservação dos recursos hídricos e a mitigação dos impactos ambientais e seus desdobramentos. Diversos estudos têm mostrado como as atividades como urbanização e agricultura intensiva alteram os parâmetros físico-químicos e biológicos da água, contribuindo para sua degradação e, conseqüentemente, para a redução de sua disponibilidade em qualidade adequada (Britto *et al.*, 2018; Fontenele *et al.*, 2011; Freire; Castro, 2014).

À vista disso, a bacia hidrográfica¹ destaca-se como uma unidade de estudo essencial para compreender os impactos ambientais e as dinâmicas dos recursos hídricos. Isso porque as características do solo, da vegetação e do uso humano dentro da bacia hidrográfica influenciam diretamente sobre a qualidade dos recursos hídricos (Furlan; Filipini; Reis, 2016). Nesse contexto, Stefanoski *et al.* (2013) destacam que práticas inadequadas de manejo do solo podem

¹ Segundo Tucci (2001), uma bacia hidrográfica é definida como uma área de captação natural da água de precipitação, onde o escoamento converge para um único ponto de saída. Essa área é formada por superfícies vertentes e uma rede de drenagem composta por cursos d'água que se conectam, resultando em um único leito no exutório.

comprometer sua qualidade física, resultando em alterações nos processos hidrológicos e na qualidade da água.

Contudo, a lacuna de avaliações sistêmicas sobre os impactos das ações antrópicas nos recursos hídricos ainda representa um obstáculo para a gestão sustentável das bacias hidrográficas. Logo, a hipótese central desta pesquisa é que mudanças no uso e ocupação do solo ao longo dos anos impactaram significativamente a qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do médio e baixo Jequitinhonha. Sendo assim, a análise focou nas relações entre as transformações espaciais da paisagem, identificadas por ferramentas de geoprocessamento, e nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água, trabalhadas com análise estatística. Portanto, foi possível responder questões como: quais áreas apresentam maiores mudanças no uso e ocupação do solo e quais indicadores de qualidade da água são mais suscetíveis às pressões antrópicas dentro da área de estudo.

2 OBJETIVOS

Neste capítulo são descritos o objetivo geral e os objetivos específicos deste estudo.

2.1 Objetivo geral

Analisar a influência das mudanças no uso e ocupação do solo sobre a qualidade das águas superficiais da bacia do médio e baixo Jequitinhonha ao longo de 11 anos (2013-2023).

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

- Mapear as mudanças no uso e ocupação do solo na bacia do médio e baixo Jequitinhonha entre 2013 e 2023, utilizando mapas de cobertura e uso da terra disponíveis no MapBiomas, e identificar áreas de maior transformação;
- Identificar as estações de monitoramento de qualidade da água do IGAM inseridas na área de estudo;
- Analisar a variação dos parâmetros de qualidade da água em função das mudanças detectadas no uso do solo;
- Aplicar métodos estatísticos para avaliar a relação entre o tipo de uso do solo predominante e os indicadores de qualidade da água; e
- Comparar a qualidade da água nas áreas de maior impacto entre os anos de 2013 e 2023, avaliando se houve deterioração dos parâmetros ao longo do tempo.

3 REVISÃO DA LITERATURA

Nesse capítulo, são detalhados os elementos teóricos que orientam o desenvolvimento da pesquisa.

3.1 Qualidade da água

Fundamental para a manutenção da vida, a água é um recurso indispensável para o equilíbrio dos ecossistemas e o desenvolvimento humano. Apesar de sua importância, apenas 0,8% de toda a água disponível no planeta pode ser facilmente acessada para consumo público, e, desse percentual, somente 3% estão na forma de água superficial, que possui extração mais prática (Von Sperling, 1996). Além disso, sua qualidade é determinada por parâmetros físico-químicos e biológicos, os quais refletem as condições necessárias para atender a diferentes finalidades, como abastecimento público, irrigação, recreação e preservação ambiental (Von Sperling, 1996). Por essa razão, a Resolução CONAMA 357/2005 estabelece que “a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas” (Brasil, 2005).

Dito isso, a qualidade da água, tanto superficial quanto subterrânea, é um aspecto fundamental para sua utilização em diferentes atividades, como abastecimento humano, recreação, produção de alimentos e processos industriais (ANA, 2024). No entanto, sua manutenção depende de práticas que assegurem a proteção contra poluição e a gestão eficiente dos recursos hídricos.

Nesse contexto, a segurança hídrica, conforme definido pela *United Nations* (UN, 2013), refere-se à capacidade de uma população de garantir, de forma sustentável, o acesso a quantidades suficientes de água com qualidade adequada para atender às necessidades de subsistência, bem-estar humano e desenvolvimento socioeconômico. Além disso, essa segurança envolve a proteção contra poluição hídrica, desastres relacionados à água e a preservação dos ecossistemas, promovendo condições de paz e estabilidade política (UN, 2013).

Alinhado a essa perspectiva, o objetivo 6 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) enfatiza a necessidade de assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e do saneamento para todas e todos (UN, 2015). Entre suas metas, destaca-se, até 2030, a melhoria da qualidade da água por meio da redução da poluição, eliminação do despejo inadequado de resíduos, minimização da liberação de produtos químicos perigosos, redução pela metade da

proporção de águas residuais não tratadas e o aumento substancial da reciclagem e reutilização segura em escala global (UN, 2015).

3.2 Legislações no Brasil pertinentes aos recursos hídricos

Segundo Sánchez (2008), o Brasil possui um sistema institucional complexo voltado à gestão ambiental, sustentado por uma ampla legislação criada em diferentes momentos históricos, cada qual refletindo os contextos sociais, políticos e econômicos de sua época. Esse aparato legal é resultado de compromissos entre interesses diversos, muitas vezes conflitantes, evidenciando a importância de compreender o histórico legislativo para avaliar os avanços e desafios da gestão ambiental no país (Sánchez, 2008).

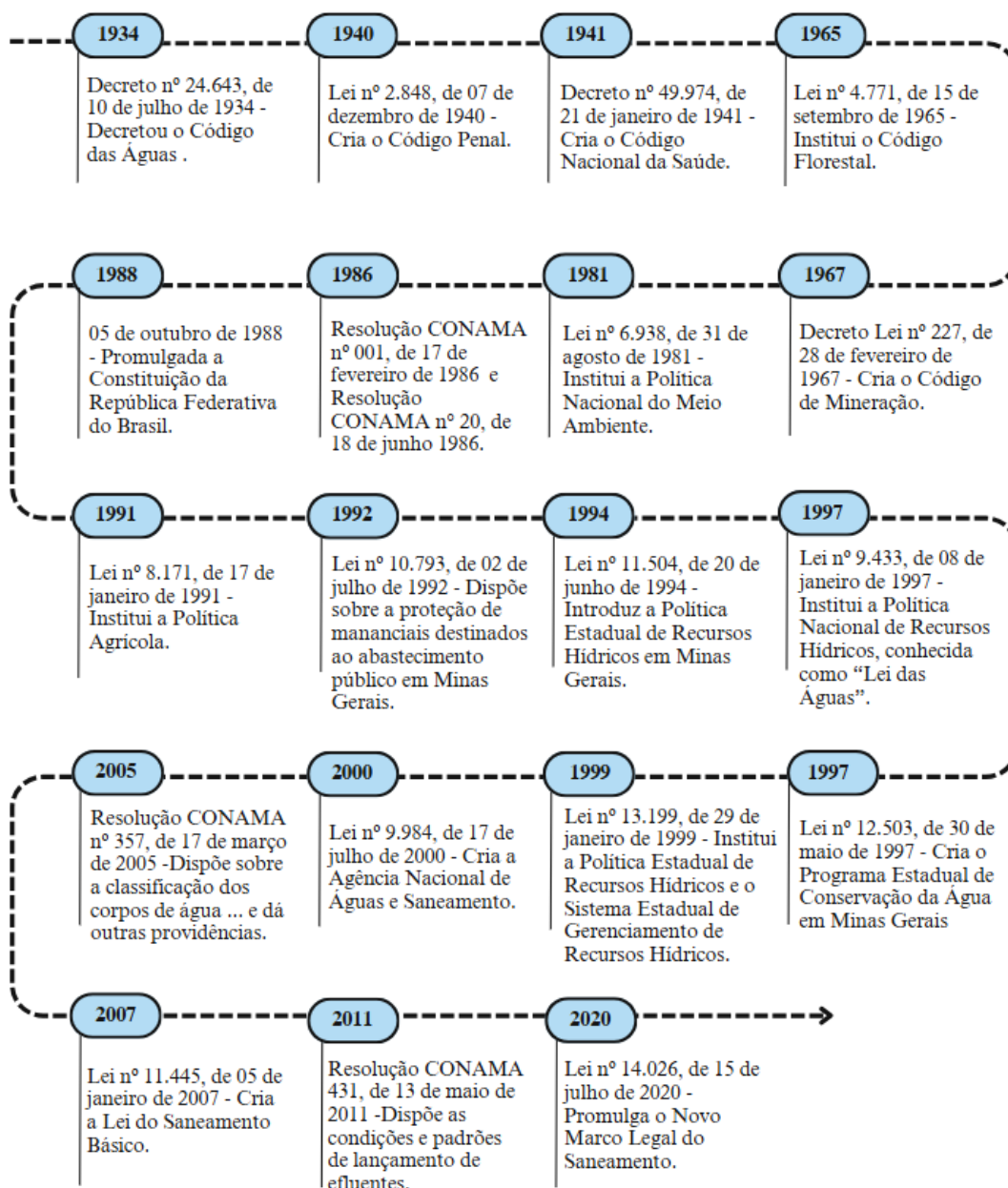
Nesse contexto, o Brasil apresenta uma trajetória marcada por marcos legais que influenciam diretamente a qualidade das águas. Na Figura 3-1, apresenta-se uma linha do tempo com os principais avanços legislativos nessa área, destacando as contribuições e avanços dessas normas na proteção dos recursos hídricos.

Com o intuito de promover o estudo da gestão sustentável dos recursos hídricos, é imprescindível inteirar-se sobre o histórico das principais legislações legais, tanto em âmbito nacional quanto estadual, que visam à sua proteção. Dessa forma, em 1934, pelo Decreto 24.643, foi estabelecido o Código das Águas no Brasil, que visou proteger a qualidade das águas. Além disso, o decreto definiu os tipos de água, os critérios para aproveitamento e dispôs sobre a sua contaminação (Brasil, 1934).

Em 1940, foi decretado o Código Penal por meio da lei nº 2.848, que, em seu artigo 271, instituiu pena para quem “corromper ou poluir água potável de uso comum ou particular, tornando-a imprópria para o consumo ou nociva à saúde” (Brasil, 1940).

Foi instituído, em 1941, o Código Nacional da Saúde, que ampliou a abordagem sobre a proteção da saúde pública, incluindo a qualidade da água como um dos fatores essenciais para garantir o bem-estar da população (Brasil, 1941).

Figura 3-1- Linha do tempo: legislações pertinentes à proteção dos recursos hídricos.



Fonte: Elaborado pela Autora (2025).

Quatro anos depois, em 1965, foi sancionado o Código Florestal, um marco importante para a conservação ambiental no Brasil. Ele estabeleceu diretrizes para a proteção de Áreas de Preservação Permanente - APPs, como margens de rios e nascentes, reconhecendo a importância dessas áreas para a manutenção da qualidade e da disponibilidade dos recursos hídricos (Brasil, 1965).

Em 1967, o Código de Mineração foi promulgado, regulamentando as atividades minerárias no país (Brasil, 1967). Embora seu foco principal fosse o aproveitamento econômico dos recursos minerais, ele trouxe dispositivos que previam a responsabilidade ambiental, incluindo a mitigação de impactos sobre a qualidade da água nas áreas de exploração (Brasil, 1967).

Com a Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, foi instituída a Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA, que consolidou princípios fundamentais para a proteção dos recursos naturais (Brasil, 1981). Entre seus avanços, a PNMA estabeleceu instrumentos como o licenciamento ambiental e a avaliação de impactos ambientais, reforçando a preservação da qualidade dos recursos hídricos (Brasil, 1981).

Em 1986, o CONAMA ampliou a regulamentação ambiental brasileira ao promulgar resoluções que se tornaram pilares para a proteção dos recursos hídricos. Entre elas, destacam-se a Resolução CONAMA nº 001/1986, que exigiu a análise de impactos e a elaboração de Estudos de Impacto Ambiental (EIA) de obras hidráulicas para a exploração de recursos hídricos (Brasil, 1986a), e a Resolução CONAMA nº 020/1986, que estabeleceu critérios para a classificação das águas conforme seu uso, como abastecimento humano, irrigação ou recreação (Brasil, 1986b). Tais medidas foram essenciais para orientar o uso sustentável das águas, pois não apenas definiram padrões de qualidade específicos para cada tipo de corpo hídrico, mas também incentivaram o controle de fontes poluidoras. Assim, as resoluções de 1986 representaram um marco na gestão hídrica do país, ao criar bases técnicas e legais que posteriormente influenciaram a Lei das Águas.

Adicionalmente, com a promulgação da Constituição Federal de 1988, o Brasil deu um passo significativo ao reconhecer o direito ao meio ambiente equilibrado como um direito fundamental. Essa Constituição atribuiu à União, aos Estados e aos Municípios a responsabilidade compartilhada pela proteção do meio ambiente, incluindo os recursos hídricos (Brasil, 1988).

Em 17 de janeiro de 1991, com a promulgação da Lei nº 8.171, que instituiu a Política Agrícola, houve um avanço das legislações voltadas à proteção dos recursos hídricos no Brasil ao tratar da preservação ambiental no contexto agrícola. Assim sendo, a lei determinou, em seu artigo 19, inciso VII, que o Poder Público deve estimular programas voltados à conservação das nascentes dos cursos d'água e à proteção do meio ambiente (Brasil, 1991).

No âmbito estadual, a Lei nº 10.793, de 2 de julho de 1992, dispôs sobre a proteção de mananciais destinados ao abastecimento público, estabelecendo normas específicas para a preservação dessas áreas em Minas Gerais (Minas Gerais, 1992). Essa lei reforçou a importância de proteger os recursos hídricos diretamente relacionados ao abastecimento para o consumo humano.

Em 1994, a lei nº 11.504 introduziu a Política Estadual de Recursos Hídricos em Minas Gerais, um marco para a gestão das águas nos estados. Essa legislação buscou alinhar os princípios da gestão integrada e participativa dos recursos hídricos, fortalecendo a governança local sobre os mananciais (Minas Gerais, 1994). Posteriormente, essa lei foi revogada pelo art. 60 da Lei nº 19.199, de 29/01/1999.

Ademais, em 1997, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), também conhecida como “Lei das Águas”, foi instituída como um dos marcos mais relevantes na história da gestão hídrica brasileira. Essa política, estabelecida pela Lei nº 9.433, consolidou princípios como a gestão por bacias hidrográficas e o uso múltiplo e sustentável das águas (Brasil, 1997). Entre seus fundamentos, conforme disposto no art. 1º, inciso II, destaca-se que “a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico” (Brasil, 1997).

Além disso, a PNRH introduziu cinco instrumentos essenciais para a boa gestão e o uso eficiente e sustentável da água: o Plano de Recursos Hídricos, o Enquadramento dos Corpos d’água em classes de uso, a Outorga de direitos de uso de recursos hídricos, a Cobrança pelo uso da água e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (Brasil, 1997). Esses instrumentos buscam garantir uma governança integrada e eficiente dos recursos hídricos, promovendo o equilíbrio entre conservação e desenvolvimento.

Ainda em 1997, foi sancionada a Lei nº 12.503, que criou o Programa Estadual de Conservação da Água em Minas Gerais. Tal programa tem como objetivo central a preservação e o uso racional da água das bacias hidrográficas, estabelecendo diretrizes voltadas para a sustentabilidade hídrica em um estado onde a pressão sobre os recursos hídricos é crescente (Minas Gerais, 1997).

Como complemento a consolidação das legislações sobre os recursos hídricos no estado de Minas Gerais, em 1999, pela Lei nº 13.199, foi instituída a Política Estadual de Recursos

Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SEGRH-MG, que, conforme disposto em seu artigo 2º, tem como fundamento “assegurar o controle, pelos usuários atuais e futuros, do uso da água e de sua utilização em quantidade, qualidade e regime satisfatórios” (Minas Gerais, 1999).

Outro marco importante para o contexto institucional brasileiro foi a criação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA. Criada pela Lei nº 9.984/2000, a ANA é a agência reguladora dedicada a fazer cumprir os objetivos e diretrizes da Política Nacional de Recursos Hídricos (ANA, 2025?). Assim, a ANA atua com base em quatro linhas principais de ação. A primeira é a Regulação, que abrange a normatização do acesso e do uso dos recursos hídricos sob domínio da União. A segunda linha é o Monitoramento, voltada para o acompanhamento contínuo da situação dos recursos hídricos em todo o território brasileiro. A terceira é a Aplicação da Lei, que envolve a coordenação da implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, além do apoio a programas, projetos, órgãos gestores estaduais, comitês e agências de bacias. Por fim, o Planejamento, que consiste na elaboração e participação em estudos estratégicos, como os Planos de Bacias Hidrográficas, fundamentais para a gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos (ANA, 2025?).

Diante das legislações apresentadas, percebe-se como é amplo os fatores que influenciam a qualidade da água e todas as variáveis envolvidas em sua proteção. Confirma-se essa afirmativa, já que segundo ANA (2024) a qualidade da água é influenciada por fatores naturais, como o regime de chuvas, o escoamento superficial, a geologia e a cobertura vegetal das bacias hidrográficas. Além disso, atividades humanas, como o lançamento de efluentes, a gestão inadequada de resíduos sólidos e o uso desordenado do solo, têm impacto direto na qualidade da água dos mananciais (ANA, 2024). Nesse sentido, a Resolução CONAMA 357/2005, que revogou a resolução 20/1986, em seu artigo 4º, classifica as águas doces segundo a sua destinação e considera os seus usos prioritários. Em seu artigo 42, a resolução traz ainda que, “enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2” (Brasil, 2005). A Figura 3-2 apresenta as classes de águas doces e suas respectivas finalidades.

No contexto histórico, a promulgação da lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, conhecida como Lei de Saneamento Básico, consolidou uma abordagem integrada de gestão ambiental e hídrica, destacando o papel essencial do saneamento na preservação e na recuperação dos recursos

hídricos (Brasil, 2007). Em seu texto, estabeleceu diretrizes nacionais para o saneamento básico, incluindo abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana (Brasil, 2007).

Figura 3-2 – Classificação e finalidade de águas doces

Classe	Finalidades
Especial	a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, c) à preservação
1	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
2	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e e) à aquicultura e à atividade de pesca.
3	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) à pesca amadora; d) à recreação de contato secundário; e e) à dessedentação de animais.
4	a) à navegação; e b) à harmonia paisagística.

Fonte: Adaptado segundo Brasil (2005).

Como complemento e alteração da Resolução CONAMA nº 357/2005, a Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011, estabelece condições e padrões para o lançamento de efluentes em corpos d'água receptores. Essa normativa determina que os geradores de efluentes somente poderão realizar o lançamento após o devido tratamento, assegurando que os padrões exigidos estejam dentro das especificações estabelecidas (Brasil, 2011). As alterações introduzidas pela

Resolução nº 430/2011 reforçaram a importância de um controle mais rigoroso sobre os efluentes lançados, visando à proteção dos recursos hídricos e à preservação ambiental.

Recentemente, em 15 de julho de 2020, foi promulgada a lei nº 14.026, conhecida como o Novo Marco Legal do Saneamento, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, reforçando sua relação direta com a qualidade da água (Brasil, 2020). Por meio de metas como a universalização do acesso à água potável e à coleta e tratamento de esgoto até 2033, a lei busca reduzir significativamente a poluição dos corpos hídricos causada pelo lançamento inadequado de efluentes (Brasil, 2020).

Portanto, ao considerar e analisar uma parcela das legislações brasileiras acerca dos recursos hídricos e todas as questões correlacionadas à sua proteção, é indispensável que haja uma integração entre a sua gestão, ao planejamento do uso do solo e a administração das bacias hidrográficas.

3.3 Monitoramento da qualidade da água

O monitoramento da qualidade das águas é imprescindível para a gestão sustentável dos recursos hídricos, pois possibilita o acompanhamento contínuo das condições do corpo hídricos, ao observar as tendências e detectar áreas críticas que necessitam de controle da poluição (ANA, 2024). Em complemento, Tucci (2001) reforça a relevância das redes de monitoramento, ao destacar que elas são ferramentas indispensáveis para avaliar a evolução da qualidade dos mananciais ao longo do tempo. Segundo o autor, esses sistemas refletem o uso do solo em uma bacia hidrográfica e o efeito das medidas de controle de poluição adotadas.

No Brasil, o monitoramento sistemático da qualidade das águas teve início na década de 1970, com as primeiras iniciativas de avaliação e controle realizadas por agências estaduais de meio ambiente e pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, uma das pioneiras no país (CETESB, 2023). Em 2000, a criação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), impulsionou o monitoramento a nível nacional (ANA, 2024), ao implantar e gerir o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos - SNIRH, cujo um dos objetivos é “reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil” (Brasil, 1997).

Segundo a ANA, em 2022, sua rede Hidrometeorológica Nacional possuía 4.780 estações, sendo 1.944 estações fluviométricas (ANA, 2024). Hoje, a ANA atua em cooperação com diversas instituições estaduais, ampliando a abrangência dos dados sobre a qualidade das águas no país. Nesse contexto, com relação a localização dos pontos de coleta das redes de monitoramento, de acordo Tucci (2001), eles são estrategicamente definidos para avaliar dois aspectos críticos: o impacto de fontes poluidoras sobre os corpos hídricos e a adequação da qualidade da água aos usos previstos, como abastecimento público ou irrigação.

Em Minas Gerais, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, através do Projeto Águas de Minas, iniciou o monitoramento da qualidade das águas superficiais em 1997, com 177 pontos de coleta distribuídos pelo estado (IGAM, 2023a). Atualmente, essa rede conta com 685 pontos, onde, trimestralmente, são analisados 60 parâmetros físico-químicos e biológicos para avaliar e acompanhar a qualidade da água de forma contínua e abrangente (IGAM, 2023a).

Com relação as estações de amostragem no estado de Minas Gerais, elas estão distribuídas entre as bacias hidrográficas dos rios São Francisco, Grande, Doce, Paranaíba, Paraíba do Sul, Mucuri, Jequitinhonha, Pardo, Buranhém, Itapemirim, Itabapoana, Itanhém, Itaúnas, Jucuruçu, Peruípe, São Mateus e Piracicaba/Jaguari (IGAM, 2023b). Os dados coletados reúnem uma ampla série histórica da qualidade dos corpos hídricos de Minas Gerais. No entanto, a abundância de informações pode tornar a análise e interpretação dos dados mais complexa e, muitas vezes, tornar o banco de dados subutilizado, o que dificulta a extração de informações relevantes para uma gestão eficiente dos recursos hídricos (Trindade *et al.*, 2017). Nesse sentido, estudos que busquem tratar esses dados de forma estatística, especialmente em bacias hidrográficas, tornam-se essenciais. Logo, segundo Trindade *et al.* (2017) a utilização de métodos estatísticos apropriados permite a identificação de padrões e tendências, contribuindo para uma compreensão mais clara dos fatores que impactam a qualidade da água.

3.4 Uso e ocupação do solo e a qualidade da água

O uso e a ocupação do solo referem-se às atividades realizadas pelo ser humano em uma determinada área e à maneira como o território é utilizado para diferentes finalidades, como agricultura, urbanização ou atividades industriais. Tais práticas têm implicações ambientais significativas, uma vez que a expansão das fronteiras agrícolas e o uso intensivo do solo para atividades agropecuárias, por exemplo, aumentam a geração de sedimentos e nutrientes em

bacias hidrográficas rurais segundo Tucci (2001), levando à perda de solos férteis e ao assoreamento de rios e lagos. Além disso, a falta de tratamento adequado de efluentes domésticos e industriais, aliada ao uso indiscriminado de pesticidas agrícolas, compromete a qualidade da água e a saúde dos ecossistemas aquáticos, como oceanos, rios, reservatórios e aquíferos (Tucci, 2001). Dessa forma, a gestão sustentável do uso do solo e o controle de poluentes são essenciais para minimizar os impactos sobre os recursos hídricos e garantir a preservação da qualidade da água para diferentes usos.

Ademais, conforme afirma Tucci (2001), a qualidade dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica está diretamente associada ao tipo de uso do solo na região e à eficácia das medidas adotadas para controlar fontes poluidoras. Sob tal perspectiva, o desmatamento dentro das Unidades de Conservação (UCs) reforça os efeitos negativos do uso inadequado do solo. Em 2023, 12% das UCs brasileiras registraram eventos de desmatamento, com a perda de aproximadamente 96.761 hectares de vegetação nativa (MapBiomas, 2023), impactando diretamente os ecossistemas e a conservação dos recursos hídricos.

No Brasil, a legislação sobre uso e ocupação do solo é amparada por normas que buscam equilibrar as demandas de desenvolvimento com a conservação ambiental. O Código Florestal (Brasil, 2012) “estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e áreas de Reserva Legal”, impondo limites ao desmatamento e promovendo a recuperação de áreas degradadas. Além disso, políticas de incentivo, como o Programa Produtor de Água, da ANA, visam estimular a conservação do solo e a recuperação de vegetação nativa em propriedades rurais, garantindo benefícios diretos para a qualidade dos recursos hídricos (ANA, 2008). Essas ações têm como objetivo principal reduzir a erosão, minimizar a sedimentação nos corpos hídricos e aumentar a infiltração de água no solo, contribuindo para a melhoria da qualidade da água e o aumento das vazões dos rios (ANA, 2008). Logo, tais diretrizes reforçam a necessidade de alinhar o manejo do solo com práticas sustentáveis para assegurar a preservação ambiental e o bem-estar social.

Nesse contexto, os métodos de análise estatística têm se mostrado ferramentas confiáveis para avaliar os indicadores de qualidade da água, já que permitem examinar de forma consistente os impactos das atividades antrópicas em bacias hidrográficas (Vieira; Ribeiro, 2021). Desse

modo, variados estudos têm correlacionado a qualidade da água com o uso e ocupação do solo em diferentes bacias hidrográficas.

Fontenele *et al.* (2011) utilizaram a análise de agrupamento (*Cluster Analysis*) para classificar as amostras de água em grupos homogêneos e avaliar a qualidade da água na bacia do rio Salgado, no Ceará. Aplicou-se o método hierárquico aglomerativo com o algoritmo de Ward, que minimiza as diferenças dentro de cada grupo, e a métrica de distância Euclidiana ao quadrado para medir a similaridade entre os dados. Após a formação dos grupos, o Teste de Tukey (5% de significância) foi usado para identificar quais variáveis diferiam significativamente entre os grupos. As principais variáveis que influenciaram a formação dos agrupamentos foram a condutividade elétrica (CE), nitratos (NO_3^-), oxigênio dissolvido (OD) e coliformes totais (CT). Além disso, gráficos boxplot foram utilizados para descrever as tendências espaciais e temporais das variáveis, evidenciando os impactos da sazonalidade climática e das fontes de poluição pontuais. Como resultado, encontraram que os principais fatores que influenciam a qualidade da água são a sazonalidade climática e fontes pontuais de poluição.

Ademais, Freire e Castro (2014), buscaram compreender como as interferências antrópicas no uso e ocupação do solo impactam a qualidade da água em treze sub-bacias do Rio Itapemirim, no Espírito Santo, durante o período de seca. Para isso, os autores utilizaram sensoriamento remoto para mapearem o uso do solo e delimitarem as sub-bacias. Adicionalmente, aplicaram a Análise de Correlações Canônicas, uma técnica estatística multivariada que permite identificar relações lineares entre dois conjuntos de variáveis. Neste caso, um conjunto representava os parâmetros de qualidade da água (como coliformes termotolerantes, oxigênio dissolvido, fósforo, nitratos e amônia) e o outro representava as classes de uso e ocupação do solo (áreas edificadas, agrícolas, pastagem e solo exposto). Como resultado, a análise revelou uma correlação positiva entre o Índice de Degradação da Água (IDA), associado a baixos níveis de oxigênio dissolvido e altos níveis de nitratos, e o Índice de Atividade Humana do Solo (IAHS), relacionado principalmente à pastagem e solo exposto. Por fim, os resultados mostraram que, quanto maior a atividade humana na sub-bacia, maior é a degradação da qualidade da água.

Enquanto isso, Lee *et al* (2009) investigaram a relação entre os padrões de uso do solo e a qualidade da água em bacias hidrográficas na Coreia do Sul. A pesquisa teve como objetivo principal analisar como as modificações no uso do solo (urbano, agrícola e florestal) influenciam a qualidade da água em reservatórios adjacente. Como parte do estudo, os autores realizaram análises estatísticas para investigar as relações entre os padrões de uso do solo e a qualidade da água. A principal técnica estatística utilizada foi a análise de correlação de Pearson, que permitiu avaliar a relação entre as métricas de padrão de uso do solo (como densidade de fragmentos, índice do maior fragmento e densidade de bordas) e os parâmetros de qualidade da água (DBO, DQO, Nitrogênio Total e Fósforo Total). Como resultado, o estudo conclui que a fragmentação e a diversidade de usos do solo tendem a degradar a qualidade da água, enquanto áreas florestais contribuem para a melhoria da qualidade da água.

Enquanto isso, Vieira e Ribeiro (2021) investigaram as relações entre o uso e ocupação do solo e a qualidade da água ao longo do rio Itajaí-Açu, em Santa Catarina, a partir da correlação do uso do solo e os parâmetros químicos e biológicos do solo. Para isso, foram coletadas 80 amostras de água em cinco pontos ao longo do rio, entre 2019 e 2020, abrangendo quatro estações, com foco em nitrito, nitrato, coliformes termotolerantes e totais. Assim sendo, o uso do solo foi mapeado via imagens do satélite e processadas no QGIS, identificando cinco classes: urbanização, pastagem, agricultura, lagos e vegetação. Para a análise estatística, foi utilizado o *Software R* para realizar o teste de normalidade dos dados, o Shapiro-Wilk. Além disso, os autores analisaram a significância entre as variáveis com o teste de Kruskal-Wallis e, posteriormente, investigaram a correlação dos indicadores com o uso do teste de Spearman. Os resultados revelaram contaminação química e biológica generalizada, com níveis de coliformes termotolerantes acima dos limites legais em 80% dos pontos, especialmente em áreas urbanas e agrícolas. A vegetação mostrou-se essencial na atenuação de poluentes, enquanto a falta de saneamento básico e gestão inadequada do solo agravaram a degradação. Por fim, a correlação estatística destacou influência sazonal: elevada lixiviação de nitrato na primavera (associada a chuvas e fertilizantes) e redução de contaminantes em áreas com cobertura vegetal.

Já Britto *et al.* (2018) buscaram analisar a qualidade da água superficial de onze afluentes do baixo rio São Francisco, em Sergipe, entre 2013 e 2014. A pesquisa focou em analisar parâmetros físico-químicos e microbiológicos, utilizando o Índice de Qualidade da Água e o Índice de Estado Trófico, além de técnicas estatísticas multivariadas, como análise de

agrupamento hierárquico e análise fatorial. A análise de agrupamento hierárquico (método de Ward), foi aplicada para identificar similaridades entre os pontos de coleta. O estudo utilizou a análise fatorial para simplificar a interpretação dos 18 parâmetros de qualidade da água avaliados, identificando padrões que explicassem as fontes de contaminação. Tais fatores evidenciaram a influência de esgotos urbanos, escoamento agrícola e processos naturais na degradação da qualidade da água. Os resultados revelaram que os rios Betume e Jacaré apresentaram os menores valores de IQA, associados a elevadas concentrações de coliformes termotolerantes, provenientes de esgotos domésticos não tratados. Além disso, riachos da região estudada tiveram IET elevado durante o período chuvoso, indicando contribuição de fertilizantes agrícolas carregados por escoamento superficial.

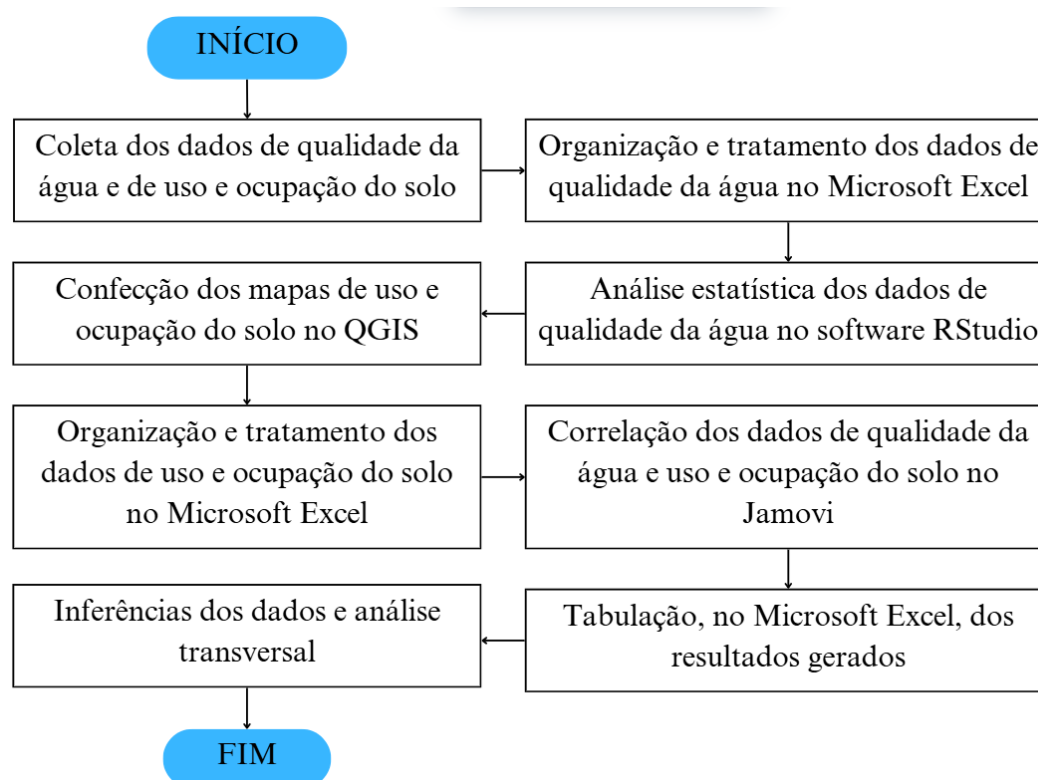
Trindade *et al.* (2017) analisaram as tendências temporais e espaciais da qualidade da água na sub-bacia do Rio das Velhas, em Minas Gerais, entre 2002 e 2011, com o objetivo de identificar padrões de poluição e suas principais causas. Foram avaliados dados coletados em 29 estações de monitoramento pertencentes ao IGAM. Os parâmetros utilizados na pesquisa abrangiam o oxigênio dissolvido, turbidez, fósforo total, nitrogênio amoniacal total, coliformes termotolerantes, entre outros. Com relação as análises estatísticas, os autores utilizaram os testes Mann-Kendall e Spearman para detectar tendências temporais, Kruskal-Wallis para avaliar variações sazonais e a análise de cluster, que agrupou as estações conforme os níveis de poluição. Além disso, observou-se uma tendência de queda no Índice de Qualidade da Água (IQA) no baixo curso do rio, indicando que os impactos ambientais estão se propagando para áreas menos urbanizadas. Adicionalmente, os resultados indicaram uma degradação significativa da qualidade da água, especialmente no alto curso do rio, onde a influência da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), com lançamento de esgotos urbanos e industriais sem tratamento adequado, foi determinante para o aumento dos níveis de DBO, coliformes e nitrato.

Muitos outros métodos estatísticos têm sido amplamente empregados para analisar as relações entre uso do solo e qualidade da água (Fraga *et al.*, 2021; Zhou *et al.*, 2016; Carey *et al.*, 2011), destacando o papel do uso e ocupação do solo na preservação dos recursos hídricos

4 METODOLOGIA

Para atingir os objetivos propostos no presente estudo, a metodologia foi estruturada em etapas sequenciais. Inicialmente, foram adquiridos os dados de qualidade da água e os dados de uso e cobertura do solo. Em seguida, os dados de qualidade da água foram organizados e tratados no Excel, e analisados no software RStudio. Posteriormente, foram elaborados os mapas de uso e cobertura do solo no QGIS e, depois, realizou-se a extração dos dados e tratamento deles no Excel. Por fim, os dados de uso do solo foram correlacionados aos parâmetros de qualidade da água e tabulados, conforme fluxograma representado na Figura 4-1.

Figura 4-1 – Fluxograma da metodologia adotada

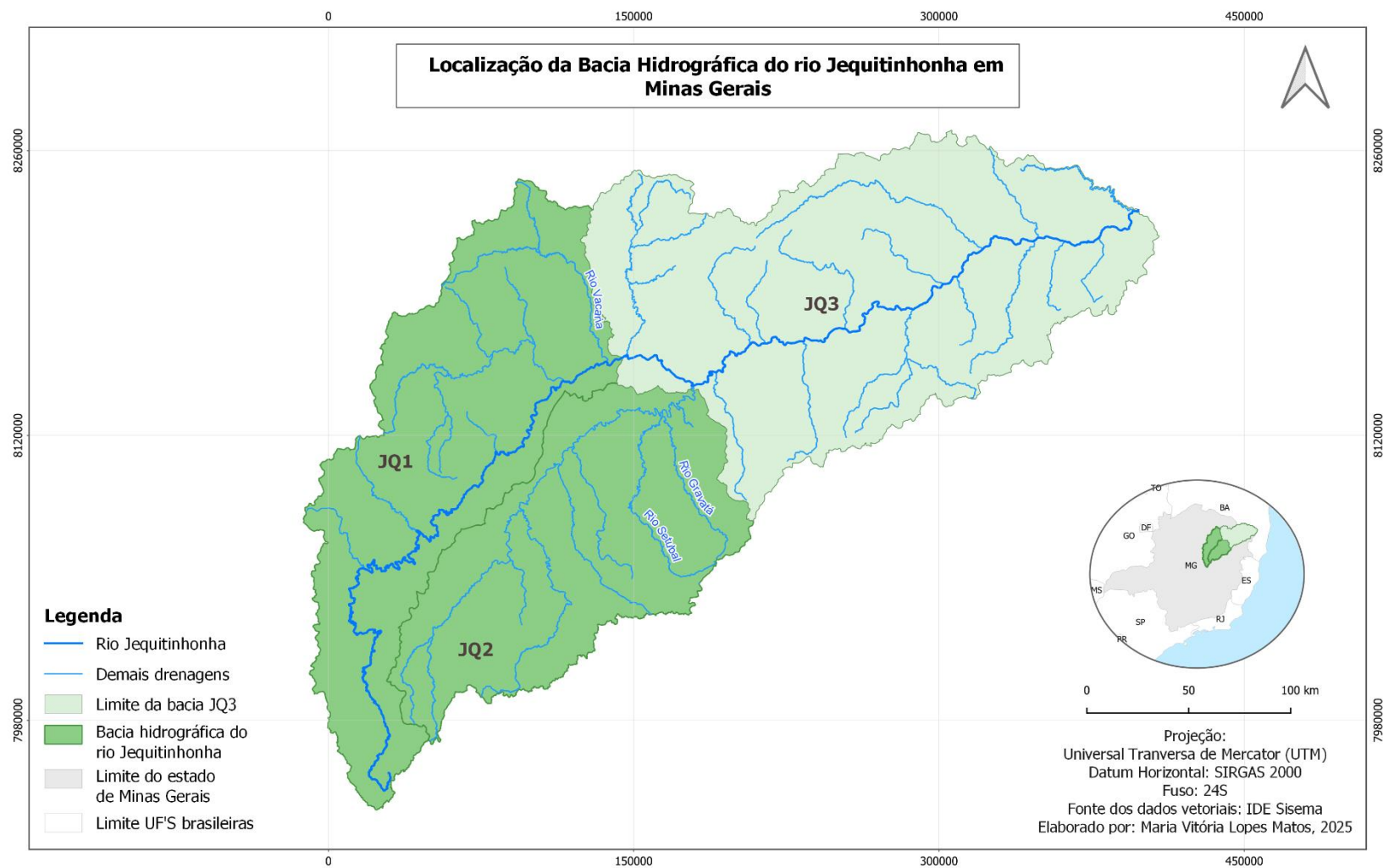


Fonte: Elaborado pela Autora (2025).

4.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do médio e baixo rio Jequitinhonha, circunscrição hidrográfica conhecida por JQ3 (subdivisão da bacia do rio Jequitinhonha) conforme a Figura 4-2, que ilustra a divisão hidrológica adotada pelo IGAM (2024), localizada em Minas Gerais.

Figura 4-2 Mapa de localização da circunscrição hidrográfica JQ3 em Minas Gerais



Fonte: Elaborado pela Autora (2025).

4.2 Aquisição e tratamento dos dados

Neste tópico, estão dispostas as informações referentes a aquisição e tratamento dos dados utilizados no presente estudo.

4.2.1 Dados de qualidade da água

Os dados de qualidade da água foram obtidos diretamente do repositório oficial do IGAM (2024?), que disponibiliza informações trimestrais sobre monitoramento da qualidade da água no estado de Minas Gerais. As planilhas disponíveis com esses dados compreendem as estações de monitoramento presentes no estado e contêm medições de parâmetros físico-químicos e biológicos, como pH, oxigênio dissolvido, turbidez, fósforo total, nitrato, coliformes totais, entre outros.

Inicialmente, os dados brutos de qualidade da água foram tabelados no Excel, onde foram organizados por ano e estação de monitoramento. Posteriormente, realizou-se filtragem dos dados com base nos códigos e nomes das estações fornecidos pelo IGAM cruzando com as informações presentes no relatório Avaliação da Qualidade das Águas Superficiais de Minas Gerais 2023 (IGAM, 2024). Em função da disponibilidade de informações, optou-se por utilizar as estações presentes ao longo do rio principal da bacia, o Jequitinhonha.

Logo, os parâmetros utilizados neste estudo foram coliformes termotolerantes (CT), fósforo total (P), nitrogênio amoniacal total (NAT), oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogênico (pH), sólidos dissolvidos totais (SDT), sólidos suspensos totais (SST), sólidos totais (ST), temperatura (T), nitrato (NITR), e turbidez (TURB).

Após a organização e filtragem dos dados, definiu-se a utilização neste estudo das informações de 8 estações de monitoramento fluviométrico localizadas dentro da bacia do médio e baixo rio Jequitinhonha - JQ3 (Tabela 4.1).

Para a presente pesquisa, foram selecionados os parâmetros utilizados na fórmula do Índice de Qualidade da Água - IQA (IGAM, 2023b), por se tratar de variáveis amplamente reconhecidas e aplicadas na avaliação da qualidade dos corpos hídricos. Além disso, foram incluídos outros parâmetros, comumente adotados em estudos científicos relacionados à temática, como os utilizados por Trindade *et al.*, (2017), Britto *et al.*, (2018) e Pereira *et al.*, (2024), com o objetivo de ampliar a compreensão sobre a dinâmica da qualidade da água na área de estudo. Portanto,

a escolha desses indicadores foi fundamentada em sua relevância, frequência de uso na literatura e disponibilidade nos dados analisados.

Tabela 4.1 – Estações de monitoramento do IGAM pertencentes a bacia JQ3

Bacia hidrográfica	Circunscrição hidrográfica	Estação	Corpo d'água	Municípios	Coordenadas UTM - SIRGAS 2000 FUSO 24S	
					UTM X	UTM Y
Rio Jequitinhonha	JQ3 - Médio/Baixo Rio Jequitinhonha	JE011	Rio Jequitinhonha	Coronel Murta	160224	8159524
		JE019	Rio Jequitinhonha	Itinga	204575	8161373
		JE021	Rio Jequitinhonha	Jequitinhonha	285159	8182755
		JE023	Rio Jequitinhonha	Almenara	318683	8209616
		JE025	Rio Jequitinhonha	Salto da Divisa	396825	8230091
		JE028	Rio Jequitinhonha	Jequitinhonha	243640	8166169
		JE045	Rio Jequitinhonha	Jequitinhonha	255402	8171298
		JE049	Rio Jequitinhonha	Jacinto	370740	8214931

Fonte: Elaborado pela Autora (2025) segundo IGAM (2024).

4.2.2 Dados de uso e ocupação do solo

Os dados de uso e ocupação do solo utilizados neste estudo foram obtidos no portal oficial do MapBiomas (2024), uma iniciativa que fornece séries históricas anuais de mapas de cobertura e uso da terra no Brasil, baseados em imagens de satélite com resolução espacial de 30 metros. Assim sendo, o acesso foi realizado na seção "Mapas e Dados" e depois em "Downloads", onde estão disponíveis os dados. Posteriormente, foram baixados os dados da coleção 9, que é a mais recente e que abrange a séries históricas 2013 a 2023 utilizada no estudo.

Com relação ao formato dos dados, foi realizado o download dos *rasters*² de uso e cobertura do solo do Brasil, contendo classes que representam diferentes tipos de cobertura, como floresta, vegetação herbácea e arbustiva, agropecuária, área não vegetada, entre outros.

Ademais, o processamento e a análise dos dados foram realizados no *software* livre QGIS (2024). Primeiramente, os *rasters* brutos, que abrangem todo o território brasileiro, foram recortados com base no limite geográfico da bacia do médio e baixo Jequitinhonha, utilizando a ferramenta "Recortar pela camada de máscara". Em seguida, as camadas foram redefinidas

² Segundo QGIS Project (2025), os "rasters são compostos por uma matriz de pixels (também chamados de células), cada uma contendo um valor que representa as condições da área que esta célula cobre".

para a projeção espacial da área, para permitir que as outras camadas de dados utilizados no estudo sejam compatíveis com a área de estudo e trabalhadas com precisão espacial disponível.

Após o recorte para as áreas de interesse, foi realizada a classificação, ou seja, foi feita a identificação e categorização dos diferentes tipos de cobertura da terra (como floresta, pastagem, áreas urbanas, corpos d'água, entre outros) com base nos valores atribuídos aos *pixels* do *raster* fornecido pelo MapBiomass. Em seguida, foi padronizada a nomenclatura a partir da atribuição de rótulos descritivos e cores específicas para cada classe, com o auxílio do arquivo PDF da legenda disponibilizado pelo MapBiomass (2024).

4.2.3 Bacias de contribuição

Com o intuito de identificar quais porções da bacia hidrográfica realmente contribuem com o escoamento de água para cada estação de monitoramento, foram geradas bacias de contribuição para cada estação de qualidade da água na área de estudo. Dessa forma, foi possível estabelecer uma relação direta entre o uso e ocupação do solo nessas áreas e os parâmetros de qualidade da água registrados nas estações. Sem essa delimitação, a análise poderia considerar áreas que não influenciam diretamente a estação avaliada, o que poderia, possivelmente, comprometer a precisão e a confiabilidade dos resultados.

Para delimitar as áreas de drenagem associadas às estações de monitoramento ao longo do rio Jequitinhonha, foi utilizado o *software* QGIS em conjunto com o módulo GRASS GIS, por meio das ferramentas *r.watershed* e *r.water.outlet* (QGIS, 2024). Esses recursos possibilitaram a elaboração de mapas hidrológicos necessários para a definição das bacias hidrográficas contribuintes a montante de cada ponto de amostragem.

A etapa inicial consistiu na aplicação da ferramenta *r.watershed*, que, a partir de um Modelo Digital de Elevação³ (MDE), resolução de 30 metros, calcula parâmetros hidrológicos que permitem identificar como a água escoa sobre a superfície da área de estudo. Assim sendo, o MDE utilizado foi previamente reprojetoado para UTM e recortado para abranger a região

³ “Um Modelo Digital de Elevação (MDE) é uma representação da superfície topográfica do solo descoberto (terra nua) da Terra, excluindo árvores, edifícios e quaisquer outros objetos de superfície” (USGS, 2025).

correspondente à bacia do médio e baixo rio Jequitinhonha (JQ3). O resultado foi um mapa *raster* que indica a direção do escoamento superficial na área (Ehlschlaeger, 2024).

Com base no mapa de direção de drenagem gerado, utilizou-se a ferramenta *r.water.outlet* para delimitar as bacias hidrográficas específicas associadas a cada estação de monitoramento da qualidade da água. Essa ferramenta requer a definição de um ponto de saída (outlet) (Ehlschlaeger, 2024a), o qual foi determinado, neste estudo, pelas coordenadas geográficas das estações situadas ao longo do curso principal do rio Jequitinhonha. A partir desses pontos, a ferramenta delineou automaticamente as áreas de drenagem a montante, correspondentes às porções da bacia que contribuem com o fluxo em direção a cada estação.

Logo, o processo resultou em um conjunto de polígonos *rasterizados*, nos quais o valor 1 indica a área pertencente à bacia associada ao respectivo ponto de saída, e o valor 0 representa áreas externas (Ehlschlaeger, 2024a). Posteriormente, essas bacias foram convertidas para o formato vetorial e vinculadas às suas respectivas estações, para permitir a análise conjunta com as informações sobre uso e ocupação do solo.

Ademais, foi realizada a quantificação das classes de uso e ocupação do solo por meio da ferramenta *r.report* do QGIS, que apresenta as estatísticas para os mapas *raster* (Shapirp; Landa, 2019). Essa ferramenta permitiu a extração das áreas correspondentes a cada classe, expressas em quilômetros quadrados (km²). Depois, os dados obtidos foram organizados e tabulados em planilhas no Microsoft Excel.

4.3 Análise estatística no RStudio

4.3.1 Dados de qualidade da água

Com o intuito de realizar uma análise mais consistente dos dados e realizar os devidos testes estatísticos, foi utilizado o *software* RStudio (2024). O programa é uma versão de código aberto e gratuito, amplamente utilizado na análise estatística, caracterizado por ser tanto uma linguagem de programação quanto um ambiente integrado voltado para a realização de cálculos estatísticos e a criação de gráficos (Ferreira; Oliveira, 2025).

Primeiramente, para tratamento dos dados no RStudio, foram utilizadas as bibliotecas listadas na **Tabela 4.2**, necessárias para a leitura e manipulação dos dados em linguagem R. Em seguida,

os dados foram importados de uma planilha no formato Excel, que continha os registros de qualidade de água por estação e por ano.

Posteriormente, o código foi escrito de forma a filtrar os dados para as estações, com foco nos anos 2013 e 2023 para os parâmetros de estudo, conforme exemplo da Figura 4-3. Tal seleção foi feita por meio de comandos da biblioteca dplyr, Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Bibliotecas utilizadas no RStudio

Biblioteca	Função	Referência
readxl	Importar arquivos Excel para o R	Wickham et al. (2025)
tidyverse	Conjunto de pacotes do R que simplifica a análise de dados	Wickham (2023)
dplyr	Facilita a manipulação eficiente e intuitiva de dados em quadros	Wickham et al. (2023)
rstatix	Simplifica testes estatísticos básicos e análise de dados	Kassambara (2023)

Fonte: Elaborado pela Autora (2025).

Figura 4-3 - Exemplo do código R com carregamento da planilha dos dados, acionamento de bibliotecas e filtragem dos dados de oxigênio dissolvido

```

1 #Carregar a planilha
2 library(readxl)
3 p2<-read_excel("C:\\Users\\Maria\\Documents\\ERE - CEFET-MG\\10_perodo\\TCC_II\\DadosR.xlsx",sheet="Estacoes_Jequitinhonha4")
4
5 library(tidyverse)
6 library(dplyr)
7 library(rstatix)
8
9 #Filtragem - ESTAÇÃO JE011
10 #OD_2013
11 od_je011_2013 <- p2 %>%
12
13   dplyr::filter(Estação == "JE011", Ano == 2013) %>%
14   dplyr::select('OD') %>%
15   dplyr::pull()
16   print(od_je011_2013)
17   mean(od_je011_2013)
18 #OD_2023
19 od_je011_2023 <- p2 %>%
20
21   dplyr::filter(Estação == "JE011", Ano == 2023) %>%
22   dplyr::select('OD') %>%
23   dplyr::pull()
24   print(od_je011_2023)
25   mean(od_je011_2023)

```

Fonte: Elaborado pela Autora (2025).

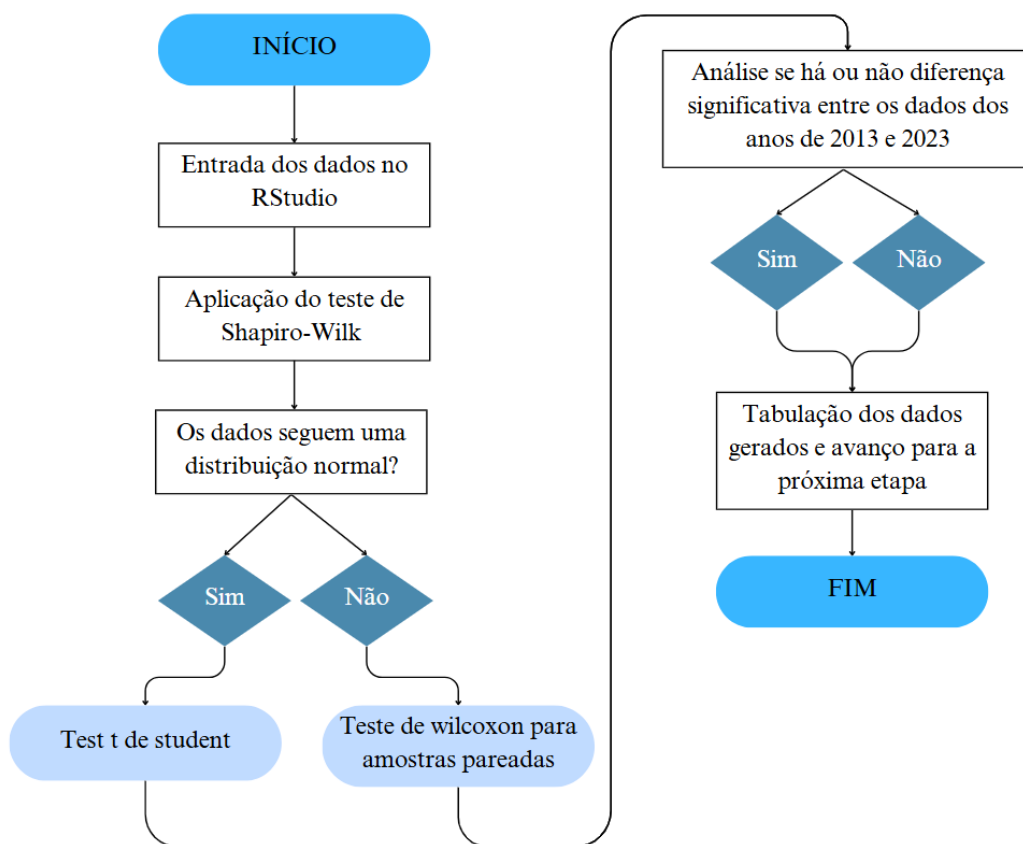
4.3.2 Teste para estações pareadas

Com o intuito de avaliar se havia diferença significativa entre os anos de 2013 e 2023 para os parâmetros de qualidade da água de cada estação, foram estabelecidas as etapas descritas na Figura 4-4. Essa avaliação foi realizada para verificar se, ao longo do tempo, ocorreram mudanças estatisticamente relevantes na qualidade da água nos mesmos locais de monitoramento. Nesse sentido, ao comparar os dados da mesma estação em dois momentos distintos, é possível identificar tendências de melhoria ou deterioração da qualidade da água e associar, posteriormente, às transformações no uso e ocupação do solo dentro da bacia de contribuição correspondente. Assim sendo, as primeiras análises foram realizadas considerando uma única estação em dois momentos distintos no tempo, o que caracteriza, portanto, o uso de amostras pareadas. No entanto, esse teste estatístico a ser aplicado deve ser adequado ao tipo de distribuição de probabilidade da amostra, ou seja, é necessário identificar se a distribuição é normal ou não.

Segundo Gama et al. (2021), a utilização de testes estatísticos é fundamental para garantir a confiabilidade dos resultados em estudos científicos, uma vez que possibilitam a comparação entre diferentes cenários experimentais. Esses testes se dividem em dois grupos principais, paramétricos e não paramétricos, cuja escolha depende das características e distribuição dos dados.

Com relação aos testes paramétricos, de acordo com Gama et al. (2021), eles requerem que os dados da variável analisada apresentem uma distribuição normal ou, ao menos, uma aproximação dessa distribuição. Já os testes não paramétricos, ou de distribuição livre, são métodos estatísticos que não dependem de premissas sobre a distribuição dos dados analisados, sendo adequados quando a distribuição da variável não é conhecida, segundo Callegari-Jacques (2003).

De acordo com Miot (2017), existem diversos testes estatísticos que verificam o ajuste dos dados à distribuição normal, cada um com diferentes pressupostos e algoritmos. Dentre os testes mais eficazes, os de Shapiro-Wilk e Shapiro-Francia têm se mostrado superiores em diversas simulações, especialmente em amostras pequenas (entre 4 e 30 unidades), onde esses testes apresentam maior especificidade, ou seja, erram menos ao identificar distribuições normais.

Figura 4-4 Fluxograma da análise estatística para os dados pareados

Fonte: Elaborado pela Autora (2025).

De acordo com Miot (2017), existem diversos testes estatísticos que verificam o ajuste dos dados à distribuição normal, cada um com diferentes pressupostos e algoritmos. Dentre os testes mais eficazes, os de Shapiro-Wilk e Shapiro-Francia têm se mostrado superiores em diversas simulações, especialmente em amostras pequenas (entre 4 e 30 unidades), onde esses testes apresentam maior especificidade, ou seja, erram menos ao identificar distribuições normais.

Miot (2017) também destaca que os testes de normalidade podem ser sensíveis ao tamanho da amostra, podendo sofrer um aumento do erro tipo I em amostras menores, o que torna os testes de Shapiro-Wilk e Shapiro-Francia as melhores opções devido à sua maior eficiência nesses casos. Adicionalmente, a título de informação, o erro tipo I, segundo Souza *et al.* (2011), consiste em rejeitar uma hipótese verdadeira, ou seja, embora os dados observados sigam o padrão previsto pelo modelo teórico, o teste estatístico aplicado indica que esse modelo não é adequado para representar o comportamento dos dados.

Sendo assim, em um primeiro momento foi realizada uma verificação da distribuição dos dados de cada variável para determinar se a diferença entre os anos seguia ou não uma distribuição normal. A verificação foi realizada utilizando o teste de hipótese de Shapiro-Wilk, no *software* RStudio, para averiguar a distribuição dos dados de cada estação de amostragem em 2013 e 2023. Com isso, definiu-se o seguinte par de hipóteses:

- H_0 : os dados seguem uma distribuição normal
- H_1 : os dados não seguem uma distribuição normal

Os testes foram realizados com um nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$), que representa a probabilidade de cometer um erro do tipo I, ou seja, rejeitar a hipótese nula quando ela é verdadeira. Ao adotar-se essa significância, assume-se um nível de confiança de 95%, que “é a probabilidade de que o intervalo estimado contenha o parâmetro populacional” (Larson; Farber, 2004). Caso o valor do p do teste fosse inferior a 0,05, a hipótese nula de normalidade seria rejeitada, indicando que os dados não seguiam uma distribuição normal. Já se o valor p fosse maior que 0,05, a hipótese nula não seria rejeitada, ou seja, os dados seguiriam uma distribuição normal.

Nas estações em que os dados apresentaram distribuição normal, foi utilizado o teste t para amostras dependentes. Esse teste é apropriado quando se pretende comparar médias de duas amostragens relacionadas, como medições realizadas nos mesmos pontos em momentos distintos ou sob condições emparelhadas, ou também denominadas pareadas. Por se tratar de amostras que não são independentes, mas sim associadas, também denominadas emparelhadas, o teste t avalia se a média das diferenças entre as observações pareadas é estatisticamente significativa. Logo, possibilita verificar se houve variação relevante nos parâmetros analisados ao longo do tempo ou entre condições específicas (Larson; Farber, 2004).

Já nas estações em que os dados não apresentaram uma distribuição normal, foi utilizado o teste de Wilcoxon para dados pareados. É um teste não paramétrico utilizado quando se deseja comparar duas amostras dependentes, especialmente quando as suposições paramétricas (como normalidade) não são atendidas. Em vez de considerar apenas o sinal das diferenças entre os pares, o teste leva em conta o valor dessas diferenças, atribuindo postos (ranks) para as observações ordenadas (Pires *et al.*, 2018). Este teste é eficaz e amplamente utilizado, com alta

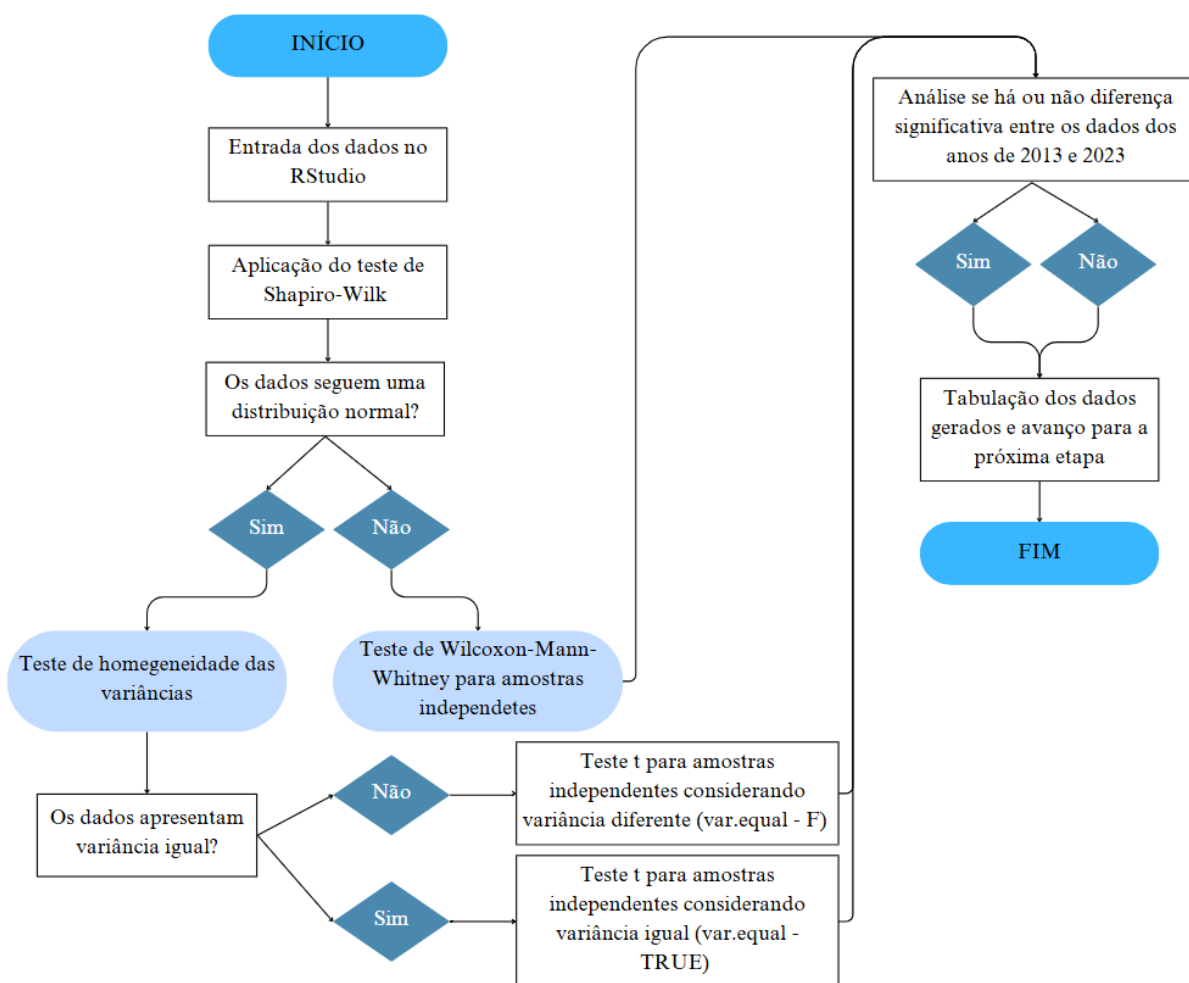
eficiência (cerca de 95%) tanto para pequenas quanto para grandes amostras, quando as condições paramétricas não são adequadas (Guimarães, 2016).

4.3.3 *Teste para estações independentes*

Uma vez realizados os testes de significância para anos diferentes de uma mesma estação, avaliou-se também a existência de diferenças significativas entre estações próximas, par a par. Essa comparação entre estações foi realizada com o objetivo de verificar se, mesmo em regiões próximas, os parâmetros de qualidade da água apresentavam comportamentos distintos, o que poderia indicar influências locais, como mudanças nos diferentes usos do solo. Por exemplo, foi realizado a avaliação de cada parâmetro de 2013 da estação JE011 em relação a cada parâmetro de 2013 para a estação JE019, que estão próximas. Assim sendo, esses dados não são pareados, ou seja, eles são independentes. Logo, para realizar a análise foi usada as etapas descritas na Figura 4-5. Os dados seguiram a mesma metodologia inicial realizada para o item 4.3.2 *Teste para estações pareadas*, com diferença apenas nos testes realizados em função da independência dos dados.

Em um primeiro momento, conforme exemplo do código aplicado para o parâmetro coliformes totais na Figura 4-6, foi usada a função `var.test()` que tem o objetivo de testar se as variâncias são iguais. Segundo Lima (2023), a verificação da homogeneidade das variâncias constitui uma etapa preliminar importante para determinar a adequação do uso de testes paramétricos, como o teste t de Student. Assim sendo, o `var.test()` compara as variâncias das amostras e gera um valor de p que orienta a escolha do teste t apropriado. Se o valor de p for maior que 0,05, considera-se que não há diferença significativa entre as variâncias, ou seja, elas podem ser assumidas como iguais. Nesse caso, aplica-se o teste t com o argumento `var.equal = TRUE`. Caso contrário, quando o p-valor for menor ou igual a 0,05, assume-se que as variâncias são diferentes, devendo-se utilizar o teste t com `var.equal = F`.

Posteriormente, para os dados que não seguiam distribuição normal, foi usada a função `wilcox.test()` para realizar o teste de Wilcoxon-Mann-Whitney, também chamado de teste de soma de postos de Mann-Whitney. Esse teste é não paramétrico, ou seja, não assume distribuição normal dos dados, e é utilizado para comparar duas amostras independentes (no caso da Figura 4-6, JE019 e JE021) para verificar se há evidências de que os valores de um grupo são significativamente maiores que de outro grupo (Pires *et al.*, 2018).

Figura 4-5 Fluxograma da análise estatística para os dados independentes

Fonte: Elaborado pela Autora (2025).

Figura 4-6 Exemplo do código R aplicado ao parâmetro coliformes total

```

#2013 e 2023 CT
var.test(CT_je019_2013, CT_je021_2013) #(valor p grande, logo, as variâncias são iguais)
t.test(CT_je019_2013, CT_je021_2013, alternative = "two.sided", paired = F, var.equal = TRUE)

wilcox.test(CT_je019_2023, CT_je021_2023, paired = F)
  
```

Fonte: Elaborado pela Autora (2025).

Assim sendo, o teste foi realizado para 2013 e 2023 separadamente para cada parâmetro, para avaliar se há diferença significativa entre as distribuições nas estações nos dois anos. Por fim, os resultados foram tabulados em uma planilha Excel para posterior discussão.

4.4 Correlação de Spearman no Jamovi

A partir dos dados submetidos a análise estatística foi possível levantar os parâmetros que apresentaram diferença significativa entre os anos de 2013 e 2023. Com isso, tais dados foram usados para correlacionar com os dados de uso e ocupação do solo obtidos para cada bacia de contribuição.

De acordo com Miot (2018), quando as variáveis não apresentam distribuição normal, uma das alternativas mais utilizadas para analisar a correlação entre elas é o teste de correlação por postos de Spearman. No entanto, esse teste também pode ser utilizado quando as variáveis possuem distribuição normal, ou seja, independe da distribuição dos dados. Assim sendo, o coeficiente de correlação de Spearman deve ser utilizado quando pelo menos uma das variáveis não apresentar distribuição normal (King; Eckersley, 2019). Por essa razão, foi adotado neste estudo tanto para variáveis normais quanto não normais.

A correlação de Spearman é uma medida estatística utilizada para avaliar a força e a direção de uma associação monotônica entre duas variáveis (Schober, Boer, Schwarte, 2018). A associação monotônica se caracteriza por uma variação consistente entre as variáveis, à medida que uma aumenta, a outra tende a aumentar ou diminuir de forma contínua, mantendo sempre a mesma direção na relação (Schober, Boer, Schwarte, 2018). Logo, segundo os autores, trata-se de um método apropriado quando os dados não apresentam distribuição normal, além de ser menos sensível à presença de valores extremos (outliers).

Ademais, o grau de associação entre duas variáveis é representado por um coeficiente que varia de -1 a +1, sendo que, quanto mais próximo esse valor estiver de -1 ou +1, mais forte será a correlação entre as variáveis (Mukaka, 2012).

Segundo Mukaka (2012), o coeficiente ρ de Spearman pode ser classificado de acordo sua correlação, conforme Tabela 4.3.

Para auxiliar na realização do teste, foi utilizado o software Jamovi (The Jamovi Project, 2025?) gratuito, que é compatível com a linguagem R e capaz de manipular arquivos nos formatos CVS e OMV - formato nativo do próprio programa (Ahmed; Muhammad, 2021). Além disso, sua interface gráfica intuitiva é sua principal característica além de permitir a visualização dos

resultados em tempo real, já em gráficos ou tabelas, o que torna muito útil sua utilização (Hair *et al.*, 2025).

Tabela 4.3 – Interpretação do coeficiente de correlação, referente a força de associação entre os parâmetros.

Valor de p (+ ou -)	Interpretação
0 a 0,3	Correlação desprezível
0,31 a 0,5	Correlação fraca
0,51 a 0,7	Correlação moderada
0,71 a 0,9	Correlação forte
> 0,9	Correlação muito forte

Fonte: Elaborado pela Autora (2025) de acordo com Mukaka (2012)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi disposto neste tópico, com base na metodologia indicada anteriormente, os resultados e discussões obtidos.

5.1 Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Médio e Baixo Jequitinhonha (JQ3), está localizada na mesorregião do Vale do Jequitinhonha, no Norte de Minas Gerais, e pertence a bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha, conforme mostrado na Figura 3-1. A bacia possui 29.774 km² de extensão, que representa 45,04% do território da bacia do Rio Jequitinhonha. Além disso, a JQ3 conta com 29 sedes municipais e uma população estimada de 392.539 habitantes (IGAM, 2025?). Ademais, o clima na região é considerado semiárido, com um período seco que ultrapassa seis meses por ano, ao contrário da parte leste da bacia, na qual o clima é considerado semiúmido (IGAM, 2025?).

5.2 Bacias de contribuição

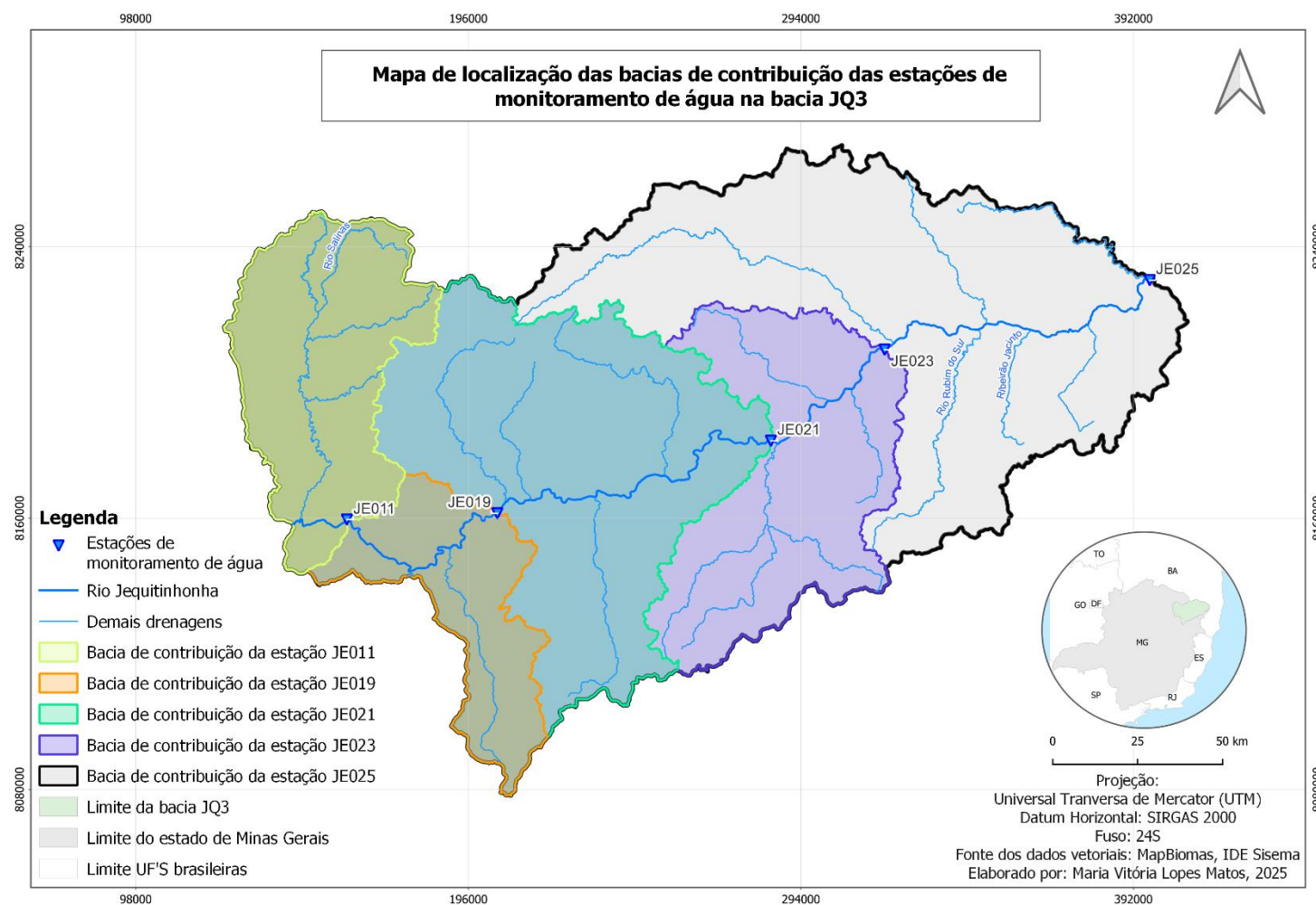
A área de drenagem das bacias de contribuição (BC) foi determinada com base na posição dos pontos de monitoramento ao longo do curso d'água. Nesse sentido, a BC JE011 localiza-se mais a montante, enquanto a BC JE025 representa a bacia mais a jusante do sistema analisado. Assim sendo, observa-se um aumento progressivo da área de drenagem das bacias conforme a direção do fluxo, sendo essa área acumulada à medida que novas sub-bacias se somam ao sistema hidrológico principal, conforme ilustrado pela Figura 5-1. Em função da disponibilidade de dados, as estações de qualidade da água, JE028, JE045 e JE049 não foram analisadas, pois foram instaladas em 2015, 2019 e 2019, respectivamente. Assim sendo, não havia dados necessários para realização das análises. Logo, foram analisados dados de 5 estações e com isso, geradas as bacias de contribuição com as suas respectivas características, conforme Tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Características das bacias de contribuição (BC) avaliadas no estudo

Característica	BC JE011	BC JE019	BC JE021	BC JE023	BC JE025
Área de drenagem (km ²)	4.059,5	6.576,2	14.490,4	19.418,8	29.771,3
Perímetro (km)	418,73	696,61	836,27	944,01	1.059,81
Comprimento do leito principal (km)	21,42	97,15	214,07	267,12	374,36

Fonte: Elaborado pela Autora (2025).

Figura 5-1 - Localização das bacias de contribuição geradas para as estações de monitoramento de água da área de estudo



Fonte: Elaborado pela Autora (2025).

5.3 Uso e ocupação do solo

Com base na análise comparativa do uso e ocupação do solo entre os anos de 2013 e 2023 (Tabela 5.2), observam-se mudanças significativas em diversas classes para a bacia de contribuição da estação JE011. O dado mais expressivo é a redução da formação savânica, que perdeu aproximadamente 160 km² de área. Essa diminuição indica um possível avanço de atividades antrópicas sobre áreas naturais.

Tabela 5.2 – Distribuição das áreas de uso e ocupação do solo da bacia de contribuição da estação JE011

Estação JE011	Classes de uso do solo	2013		2023		Diferença (km ²)
		(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	
4	Formação Savânica	2.353,24	57,97%	2.192,76	54,02%	-160,48
29	Afloramento Rochoso	0,95	0,02%	1,01	0,02%	0,05
46	Café	0,02	0,00%	0,08	0,00%	0,06
12	Formação Campestre	1,52	0,04%	1,62	0,04%	0,10
48	Outras Lavouras Perenes	-	0,00%	0,63	0,02%	0,63
41	Outras Lavouras Temporárias	0,610	0,01%	2,50	0,06%	1,89
25	Outras Áreas não Vegetadas	4,46	0,11%	6,67	0,16%	2,21
24	Área Urbanizada	15,53	0,38%	18,14	0,45%	2,61
33	Rio, Lago e Oceano	20,47	0,50%	25,36	0,62%	4,89
3	Formação Florestal	307,59	7,58%	314,91	7,76%	7,32
9	Silvicultura	81,82	2,02%	102,59	2,53%	20,77
21	Mosaico de Usos	124,87	3,08%	168,57	4,15%	43,69
15	Pastagem	1.148,36	28,29%	1.224,62	30,17%	76,25
TOTAL		4.059,45	100%	4.059,45	100%	

Fonte: Elaborado pela Autora (2025).

Por outro lado, algumas classes apresentaram crescimento considerável. A pastagem foi a que mais expandiu, com um aumento de 76,25 km², o que reflete um avanço da atividade pecuária na região. Em seguida, destaca-se o crescimento da classe de mosaico de usos, com acréscimo de 43,96 km², que representa áreas com múltiplas formas de uso do solo. Outra mudança foi o aumento da silvicultura, com 20,77 km², que representa um avanço marcante do plantio de eucalipto na região (Landau; Guimarães, 2024).

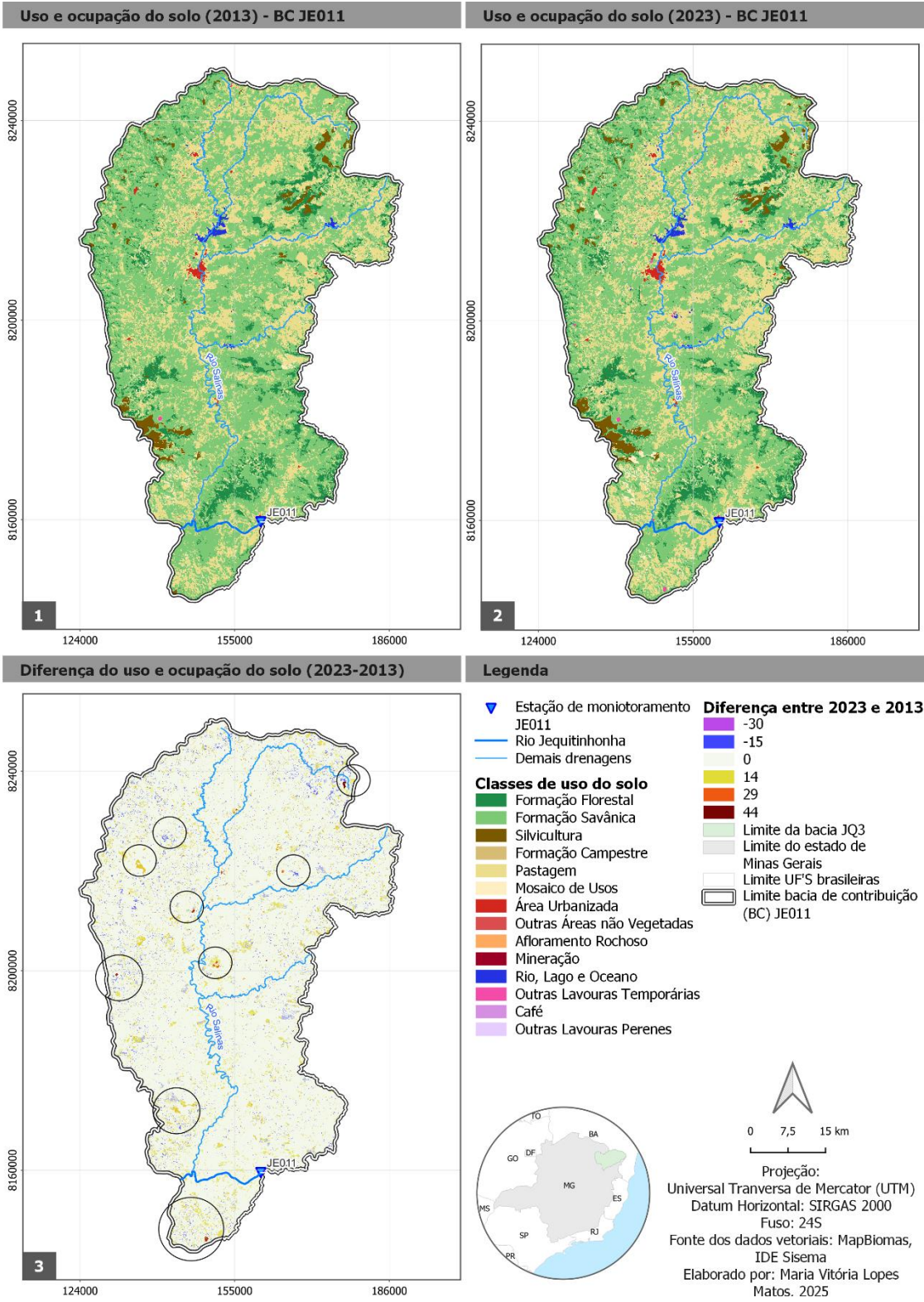
Em contrapartida, algumas classes mantiveram relativa estabilidade no período analisado. A formação florestal e a formação campestre, por exemplo, apresentaram variações pouco significativas, o que indica certa preservação dessas coberturas vegetais.

Tais mudanças são observadas também na Figura 5-2, que traz a representação visual da diferença observada entre as classes do uso e ocupação do solo na BC JE011, com base nos anos de 2013 e 2023. No quadro 1, observa-se a configuração do uso e ocupação do solo em 2013, enquanto o quadro 2 refere-se as mudanças de 2023. Adicionalmente, tem-se o quadro 3, que apresenta a diferença espacial entre os usos do solo em 2023 e 2013, por meio de um mapa de diferença de *rasters*. Nesse mapa, as cores representam a magnitude da mudança entre os dois anos, indo de roxo (valores negativos, como perda de vegetação) a vinho (valores positivos, como intensificação do uso antrópico). A fim de destacar essas mudanças, nas imagens tem-se os círculos destacados que indicam esses locais de maiores transformações na área.

As alterações mais expressivas ocorreram na porção norte da bacia, onde há uma concentração significativa de áreas com valores positivos de diferença. Também se destaca a presença de alterações na região central da bacia, principalmente próximas as drenagens contribuintes do rio Jequitinhonha, o que pode indicar pressão antrópica sobre áreas ciliares, com potenciais impactos na qualidade da água. Outro ponto de destaque é o extremo sul da bacia, nas proximidades da estação de monitoramento JE011, onde foi identificado substituição significativa de cobertura vegetal próximo ao rio Jequitinhonha.

Com relação as distribuições das áreas de uso e ocupação do solo na BC JE019, percebe-se, a partir da Tabela 5.3, que houve uma diminuição ainda maior da formação savânica, já refletida na área da BC JE011, com 239,18 km² perdidos. Além disso, houve um aumento também da pastagem nessa área, com 176,72 km² de 2013 para 2023, seguido do aumento das classes de mosaico de usos (27,51 km²) e silvicultura (27,24 km²). Demais classes não tiveram mudanças expressivas na área ao longo dos anos. Logo, essas mudanças apontam para o processo de substituição da vegetação natural por áreas de produção agropecuária na área.

Figura 5-2 - Uso e ocupação do solo para a bacia de contribuição da estação JE011 nos anos de 2013 e 2023



Essas mudanças são percebidas e ilustradas na **Figura 5-3**, que mostra o mapa da diferença entre os anos de estudo e onde houve maiores modificações ao longo da BC JE019. De forma geral, tem-se a parte sul com área crescida a BC JE019, que indica as mudanças menos expressivas.

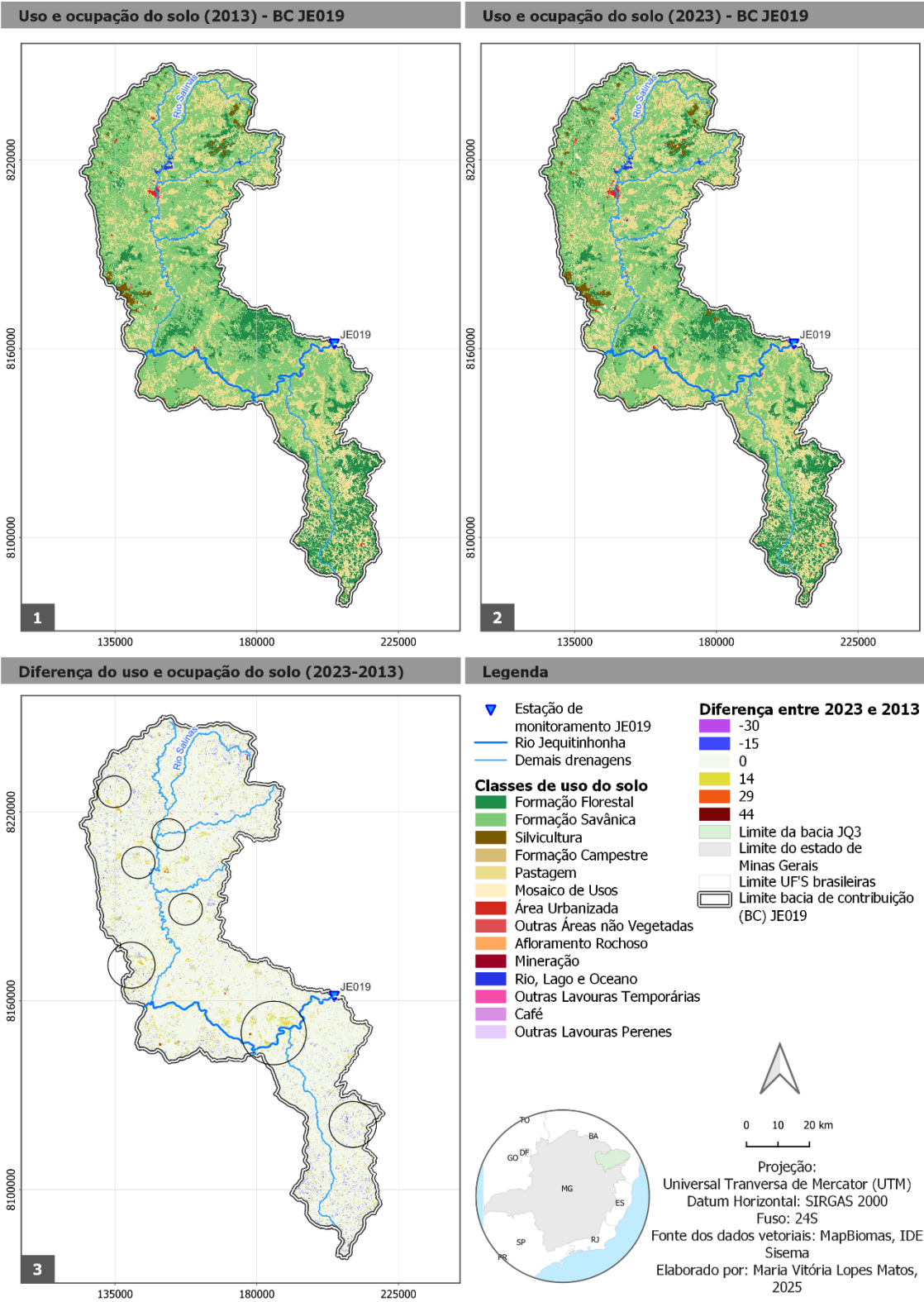
Tabela 5.3 – Distribuição das áreas de uso e ocupação do solo da bacia de contribuição da estação JE019

Estação JE019	Classes de uso do solo	2013		2023		Diferença (km ²)
		(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	
4	Formação Savânica	3.330,43	50,64%	3.091,24	47,01%	-239,18
3	Formação Florestal	946,98	14,40%	940,46	14,30%	-6,53
46	Café	0,19	0,00%	0,19	0,00%	0,02
29	Afloramento Rochoso	5,32	0,08%	5,39	0,08%	0,07
12	Formação Campestre	1,52	0,02%	1,64	0,02%	0,12
30	Mineração	0,024	0,00%	0,18	0,00%	0,16
48	Outras Lavouras Perenes	-	0,00%	0,64	0,01%	0,64
41	Outras Lavouras Temporárias	0,61	0,01%	3,46	0,05%	2,85
24	Área Urbanizada	18,52	0,28%	21,51	0,33%	2,99
33	Rio, Lago e Oceano	37,91	0,58%	41,24	0,63%	3,33
25	Outras Áreas não Vegetadas	5,29	0,08%	9,23	0,14%	3,94
9	Silvicultura	86,26	1,31%	113,49	1,72%	27,24
21	Mosaico de Usos	326,87	4,97%	354,38	5,39%	27,51
15	Pastagem	1.816,29	27,62%	1.993,01	30,31%	176,72
TOTAL		6.576,20	100%	6.576,08	100%	

Fonte: Elaborado pela Autora (2025).

A Tabela 5.4 traz a distribuição das áreas de uso e ocupação do solo na BC JE021, que assim como as anteriores, também houve um aumento significativo na área de pastagem e diminuição da formação savânica, que perdeu 353,36 km² de área ao longo dos anos de 2013 e 2023. Diferente das bacias de contribuição anteriores, agora a diminuição da formação florestal mostrou-se bastante expressiva, com redução de 91,75 km² de área. Além disso, houve aumento significativo na área de pastagem (304,98 km²), silvicultura (78,02 km²) e mosaico de usos (38,51 km²).

Figura 5-3 - Uso e ocupação do solo para a bacia de contribuição da estação JE019 nos anos de 2013 e 2023



Fonte: Elaborado pela Autora (2025).

Ao analisar a Figura 5-4, é possível visualizar as modificações ocorridas ao longo dessa bacia. A porção central e sudoeste da bacia apresenta uma das áreas com maiores alterações. Enquanto isso, a região noroeste apresenta mudanças mais pontuais, mas ainda perceptíveis. De forma geral, as maiores diferenças no uso do solo na BC JE021 ocorrem em áreas centrais e meridionais, incluindo zonas próximas a drenagens.

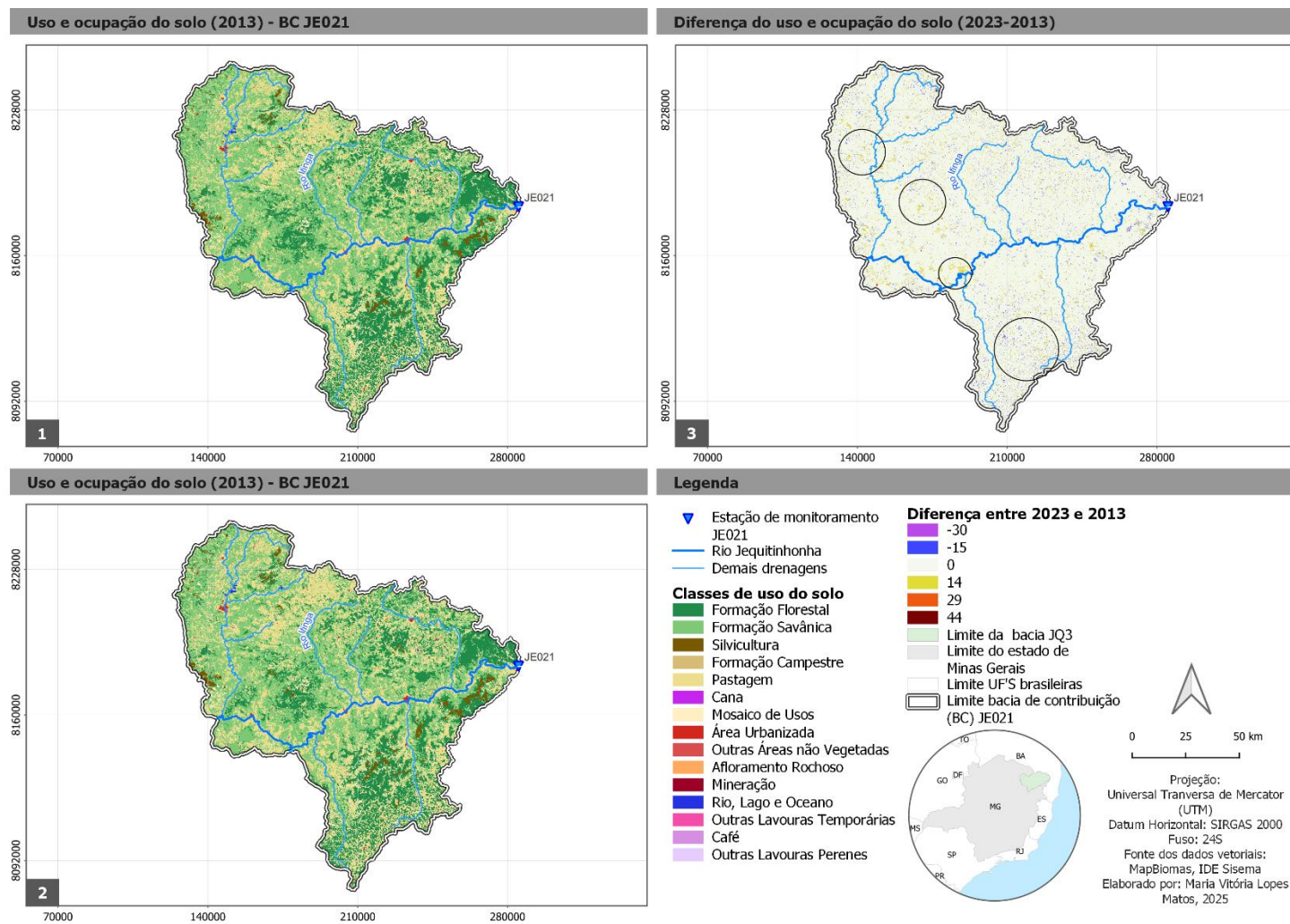
Entre 2013 e 2023, a bacia de contribuição da estação JE023 também apresentou alterações relevantes no uso e ocupação do solo, com destaque para a redução da formação savânica, que perdeu 356,27 km², conforme Tabela 5.5. Com relação as áreas destinadas à pastagem, houve aumento de 334,74 km², que reforça a tendência de avanço agropecuário observada também nas bacias anteriores. Ademais, as áreas de silvicultura tiveram acréscimo de 90,45 km². Além disso, observou-se aumento expressivo em outras áreas não vegetadas, com diferença de 12,03 km².

Tabela 5.4 – Distribuição das áreas de uso e ocupação do solo da bacia de contribuição da estação JE021

Estação JE021	Classes de uso do solo	2013		2023		Diferença (km ²)
		(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	
4	Formação Savânica	6.190,21	42,72%	5.836,85	40,28%	-353,36
3	Formação Florestal	3.279,57	22,63%	3.187,82	22,00%	-91,75
12	Formação Campestre	1,53	0,01%	1,65	0,01%	0,12
46	Café	1,31	0,01%	1,62	0,01%	0,31
30	Mineração	1,49	0,01%	1,89	0,01%	0,39
48	Outras Lavouras Perenes	0,03	0,00%	0,74	0,01%	0,70
33	Rio, Lago e Oceano	75,04	0,52%	76,29	0,53%	1,25
29	Afloramento Rochoso	41,33	0,28%	43,64	0,30%	2,31
41	Outras Lavouras Temporárias	0,61	0,00%	4,10	0,03%	3,49
24	Área Urbanizada	35,19	0,24%	39,91	0,27%	4,71
25	Outras Áreas não Vegetadas	7,43	0,05%	16,76	0,12%	9,33
21	Mosaico de Usos	931,96	6,43%	970,47	6,70%	38,51
9	Silvicultura	172,99	1,19%	251,01	1,73%	78,02
15	Pastagem	3.751,7	25,89%	4.056,71	28%	304,98
TOTAL		14.490,4	100%	14.489,46	100%	

Fonte: Elaborado pela Autora (2025).

Figura 5-4 - Uso e ocupação do solo para a bacia de contribuição da estação JE021 nos anos de 2013 e 2023



Fonte: Elaborado pela Autora (2025).

Destaca-se, na Figura 5-5 as alterações ocorridas na BC JE023, que apresentou transformações mais localizadas, com ênfase para a região nordeste e central, especialmente ao redor de corpos d'água. Além disso, é perceptível na porção nordeste da bacia, acima do curso do rio Jequitinhonha, uma extensa área de formação florestal. Essa área corresponde à Reserva Biológica da Mata Escura e à sua zona de amortecimento, que abriga um expressivo remanescente de Mata Atlântica com mais de 500 km² (BRASIL, 2025?).

Tabela 5.5 – Distribuição das áreas de uso e ocupação do solo da bacia de contribuição da estação JE023

Estação JE023	Classes de uso do solo	2013		2023		Diferença (km ²)
		(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	
4	Formação Savânica	6.633,07	34,16%	6.276,80	32,33%	-356,27
21	Mosaico de Usos	1.543,82	7,95%	1.437,79	7,40%	-106,03
12	Formação Campestre	1,53	0,01%	1,65	0,01%	0,12
33	Rio, Lago e Oceano	91,63	0,47%	91,85	0,47%	0,22
46	Café	6,91	0,04%	7,30	0,04%	0,39
30	Mineração	1,70	0,01%	2,10	0,01%	0,40
48	Outras Lavouras Perenes	0,21	0,00%	1,14	0,01%	0,93
29	Afloramento Rochoso	49,05	0,25%	51,58	0,27%	2,53
41	Outras Lavouras Temporárias	0,61	0,00%	4,46	0,02%	3,84
24	Área Urbanizada	43,57	0,22%	48,99	0,25%	5,42
3	Formação Florestal	5.580,08	28,74%	5.590,00	28,79%	9,91
25	Outras Áreas não Vegetadas	7,90	0,04%	19,93	0,10%	12,02
9	Silvicultura	189,76	0,98%	280,22	1,44%	90,45
15	Pastagem	5.267,98	27,13%	5.602,75	28,86%	334,77
20	Cana	-	-	0,01	0,00%	-
TOTAL		19.417,82	100%	19.416,54	100%	

Fonte: Elaborado pela Autora (2025).

Na bacia de contribuição da estação JE025, as mudanças mais marcantes no uso e ocupação do solo ocorreram também na conversão de áreas naturais em pastagens (Tabela 5.6). É válido ressaltar que a BC JE025 representa toda a área da bacia JQ3. Assim sendo, observa-se que a formação savânica foi a classe com maior perda, reduzindo-se em 402,05 km², seguida do mosaico de usos, que teve uma diminuição de 188,46 km² durante os anos de 2013 e 2023.

Por outro lado, a pastagem aumentou significativamente, com 298,93 km², que é o principal uso do solo na região. Com relação a silvicultura, percebe-se o crescimento expressivo, com

acréscimo de 98,18 km², assim como a área urbanizada, que ampliou em 7,59 km², o que reforça evidências do avanço antrópico sobre a paisagem natural. Outro aumento relevante foi a Formação Florestal, com 151,06 km² de área, diferente do observado no ano de 2013.

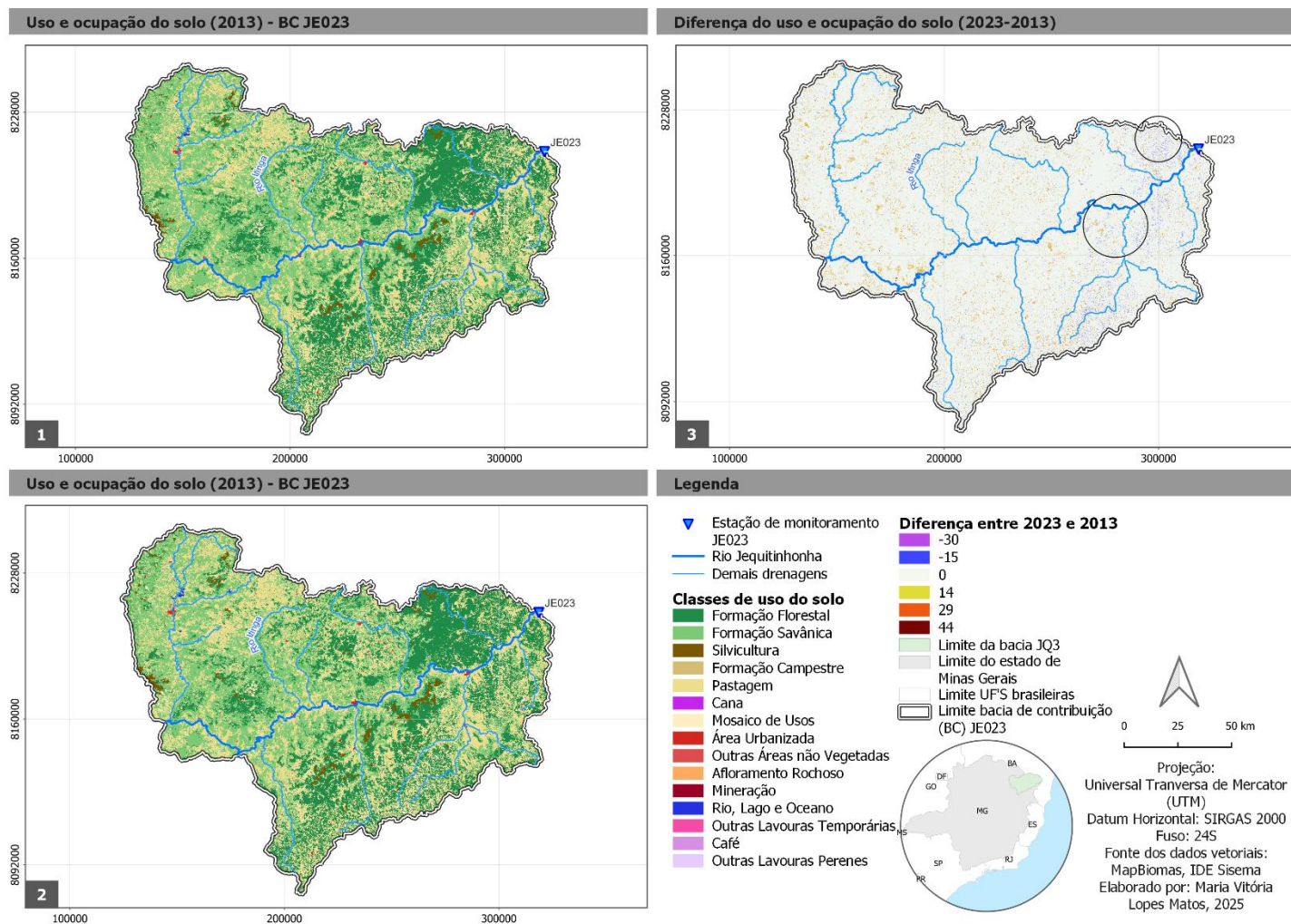
Tabela 5.6 – Distribuição das áreas de uso e ocupação do solo da bacia de contribuição da estação JE025

Estação JE025	Classes de uso do solo	2013		2023		Diferença (km ²)
		(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	
4	Formação Savânica	8.113,24	27,25%	7.711,19	25,90%	-402,05
21	Mosaico de Usos	2.341,07	7,86%	2.152,62	7,23%	-188,46
33	Rio, Lago e Oceano	132,46	0,44%	132,37	0,44%	-0,09
20	Cana	-	-	0,01	0,00%	0,01
12	Formação Campestre	1,52	0,01%	1,65	0,01%	0,13
30	Mineração	5,38	0,02%	6,52	0,02%	1,14
46	Café	16,07	0,05%	17,32	0,06%	1,25
48	Outras Lavouras Perenes	0,34	0,00%	1,91	0,01%	1,57
29	Afloramento Rochoso	133,92	0,45%	138,45	0,47%	4,52
41	Outras Lavouras Temporárias	0,64	0,00%	5,50	0,02%	4,86
24	Área Urbanizada	66,70	0,22%	74,29	0,25%	7,59
25	Outras Áreas não Vegetadas	10,74	0,04%	30,29	0,10%	19,55
9	Silvicultura	207,08	0,70%	305,26	1,03%	98,18
3	Formação Florestal	8.932,21	30,00%	9.083,27	30,51%	151,06
15	Pastagem	9.809,98	32,95%	10.108,90	33,96%	298,93
TOTAL		29.771,34	100%	29.769,53	100%	

Fonte: Elaborado pela Autora (2025).

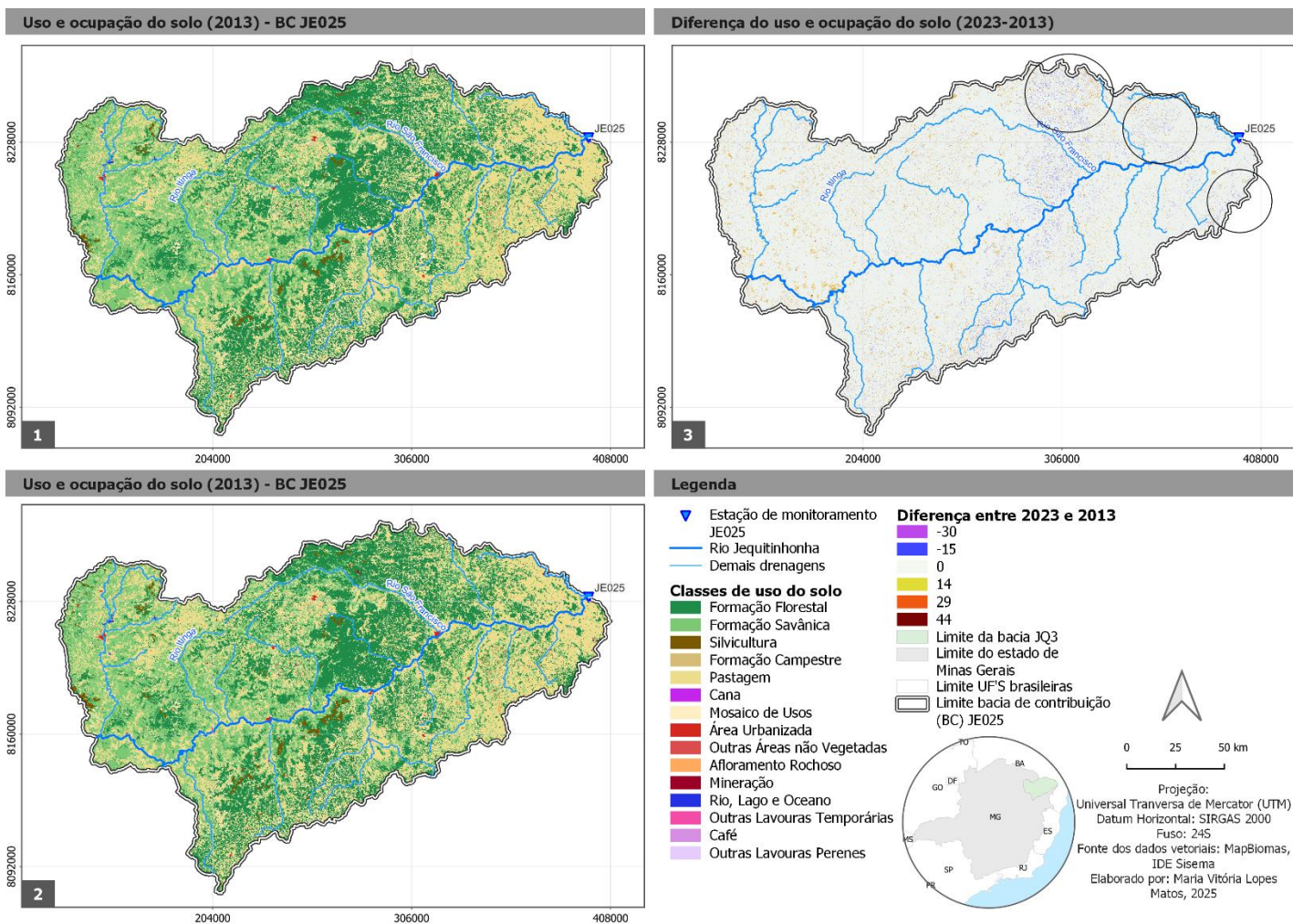
A partir da análise da Figura 5-6 é possível observar os apontamentos levantados. Com isso, percebe-se alterações são mais evidentes na porção leste da bacia, onde se destaca uma grande área de pastagem, que indica a predominância da atividade agropecuária nessa região. Além disso, as principais diferenças detectadas estão concentradas em três grandes áreas circuladas no quadro 3, todas na metade leste e nordeste da bacia, incluindo as proximidades da estação de monitoramento JE025. Tais mudanças, ainda que mais localizadas em relação a outras bacias, são ambientalmente relevantes por ocorrerem próximas aos cursos d'água e em áreas de transição de vegetação natural, o que possivelmente impacta a qualidade hídrica da região.

Figura 5-5 - Uso e ocupação do solo para a bacia de contribuição da estação JE023 nos anos de 2013 e 2023



Fonte: Elaborado pela Autora (2025)

Figura 5-6 - Uso e ocupação do solo para a bacia de contribuição da estação JE025 nos anos de 2013 e 2023



Fonte: Elaborado pela Autora (2025)

5.4 Teste de significância para estações pareadas

Nessa seção serão mostrados os resultados dos testes para as estações pareadas. Ressalta-se que os dados de qualidade da água obtidos para a área podem ser consultados no APÊNDICE A.

A partir da análise da Tabela 5.7, observa-se que na estação JE011 foi identificada diferença estatisticamente significativa, ou seja, com valor p menor que 0,05, no parâmetro oxigênio dissolvido - OD. Assim sendo, o OD apresentou um valor de $p = 0,006$ para o teste t , indicando alteração entre os anos avaliados, isto é, que em 2013 o valor de OD era maior.

A mesma situação ocorreu também se tratando da estação JE023, que apresentou diferença significativa para o OD, sendo a média em 2013 maior que a de 2023. Essa variação pode estar relacionada a modificações nas condições ambientais, em que modificações no uso e ocupação do solo possivelmente causaram aumento do carreamento de carga orgânica nos rios. Em confronto com as informações obtidas da distribuição do uso e ocupação do solo nas respectivas bacias de contribuição (Tabela 5.2 e Tabela 5.5), foi possível perceber que em ambas houve um aumento significativo das áreas de pastagem e silvicultura ao mesmo tempo em que ocorreu uma diminuição expressiva das áreas de formação savânica. O estudo publicado por Vrebos *et al.* (2017) mostra evidências da influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água em uma sub-bacia na Bélgica, tanto para o parâmetro de oxigênio dissolvido quanto para o fósforo total. Segundo os autores, o aumento da maioria dos parâmetros de qualidade da água, como nutrientes, está associado a um gradiente de intensificação urbana. Ou seja, quanto maior o grau de urbanização na bacia, mais acentuadas tendem a ser as alterações químicas observadas nos corpos hídricos.

Já na estação JE019, identificou-se um aumento estatisticamente significativo na concentração de fósforo total (P) entre os anos de 2013 e 2023 ($p = 0,030$), sendo o valor médio superior em 2023. Acredita-se que essa elevação possa vir do despejo de esgoto residencial sem tratamento, já que a análise do uso do solo na bacia (Tabela 5.3) mostrou muitas áreas de Pastagem, Mosaico de Usos e Urbanização, indicando grande ação humana. Von Sperling (1996) reforça essa percepção ao relacionar o aumento de fósforo à contribuição de esgotos, enquanto Araújo *et al.* (2020) demonstram que áreas com maior uso antrópico tendem a apresentar teores mais elevados de fósforo em comparação a regiões com cobertura natural.

Na estação JE021, notou-se uma diferença significativa no parâmetro temperatura (T), com $p = 0,013$. Essa diferença pode refletir alterações no ambiente da bacia ao longo do tempo, especialmente aquelas relacionadas à cobertura vegetal e à dinâmica de uso do solo. É possível que a regeneração de áreas vegetadas ou a diminuição de superfícies expostas tenham contribuído para a redução da temperatura em 2023, influenciando diretamente o equilíbrio térmico local. Lira, Francisco e Feiden (2022) sustentam que modificações antrópicas podem comprometer ou restaurar a funcionalidade das bacias hidrográficas.

Por fim, a estação JE025 não apresentou diferença significativa entre os valores quando comparado os anos 2013 e 2023. Possivelmente, as mudanças ocorridas na bacia não foram intensas o suficiente ou houve melhora no saneamento e manutenção das vegetações. Além disso, deve-se considerar a posição da estação como a última da sequência, localizada na foz da bacia JQ3. Logo, é a estação que recebe as contribuições acumuladas de toda a bacia, e por ter uma área extensa, é provável que as alterações ocorridas em trechos pontuais tenham se “diluído” em função da maior vazão e volume de água presentes nesse ponto.

Tabela 5.7 – Resultados dos testes de Shapiro-Wilk, t e Mann-Whitney nas estações pareadas para os parâmetros de qualidade de água de 2013 e 2023

Estação	JE011			JE019			JE021			JE023			JE025	
Parâmetros	Shapiro-Wilk (p-valor)	(p-valor)	Qual média é >?	Shapiro-Wilk (p-valor)	(p- valor)	Qual média é >?	Shapiro- Wilk (p-	(p-valor)	Qual média é >?	Shapiro-Wilk (p-valor)	(p-valor)	Qual média é >?	Shapiro- Wilk (p-	(p-valor)
CT	0,075	0,476	=	0,291	0,348	=	0,434	0,137	=	0,177	0,326	=	<u>0,02</u>	0,125**
P	0,189	0,11	=	0,972	0,03	2023	0,343	0,744	=	0,136	0,231	=	0,796	0,099
NAT	0,175	0,201	=	0,583	0,077	=	0,972	0,495	=	0,579	0,83	=	0,998	0,565
OD	0,086	0,006	2013	0,797	0,279	=	0,653	0,085	=	0,894	0,031	2013	0,976	0,184
pH	0,911	0,516	=	0,332	0,946	=	0,301	0,053	=	0,268	0,937	=	0,874	0,214
SDT	0,135	0,926	=	0,754	0,525	=	0,293	0,298	=	0,07	0,21	=	0,119	0,491
SST	<u>0,003</u>	0,875**	=	0,389	0,638	=	0,231	0,568	=	0,778	0,915	=	0,16	0,316
ST	<u>0,013</u>	0,625**	=	0,436	0,624	=	0,521	0,491	=	0,572	0,438	=	0,128	0,445
T	0,099	0,481	=	0,993	0,08	=	0,242	0,013	2013	0,221	0,226	=	0,909	0,605
Turbidez	<u>0,003</u>	0,875**	=	0,39	0,601	=	0,581	0,542	=	0,998	0,648	=	<u>0,018</u>	0,125**
Nitrato	0,258	0,549	=	0,099	0,335	=	0,417	0,986	=	0,6453	0,638	=	0,27	0,581

**Foi utilizado o teste de Wilcoxon para os dados que não seguiam distribuição normal;

CT = Coliformes totais, P = fósforo, NAT = nitrogênio amoniacal total, OD = oxigênio dissolvido, pH = potencial hidrogênico, SDT = sólidos dissolvidos totais, SST= sólidos suspensos totais, ST = sólidos totais, T = temperatura.

Fonte: Elaborado pela Autora (2025).

5.5 Teste de significância para estações independentes

A Tabela 5.8 traz os resultados do teste Shapiro-Wilk realizados para os parâmetros de qualidade da água nos anos de 2013 e 2023, considerando separadamente os anos de 2013 e 2023 para cada estação. Considera-se uma distribuição não normal aqueles valores menores que o nível de significância de 0,05, que estão em negrito.

Diferentemente da abordagem adotada para os dados pareados, a normalidade dos dados foi verificada para os valores absolutos de cada ano, e não para a diferença entre os dois períodos.

Tabela 5.8 – Resultados do teste de Shapiro-Wilk para os parâmetros de qualidade de água das estações nos anos de 2013 e 2023

Parâmetros	Estação	Shapiro-Wilk (p-valor)				
		JE011	JE019	JE021	JE023	JE025
CT	2013	0,003	0,055	0,395	0,001	0,019
	2023	0,175	0,006	0,006	0,063	0,066
P	2013	0,001	0,001	0,051	0,001	0,001
	2023	0,63	0,224	0,22	0,236	0,492
NAT	2013	0,001	0,989	0,272	0,253	0,241
	2023	0,17	0,001	0,001	0,001	0,001
OD	2013	0,962	0,296	0,279	0,843	0,977
	2023	0,103	0,25	0,9573	0,972	0,335
pH	2013	0,513	0,244	0,782	0,179	0,678
	2023	0,971	0,024	0,406	0,683	0,001
SDT	2013	0,203	0,062	0,509	0,054	0,017
	2023	0,501	0,069	0,609	0,053	0,661
SST	2013	0,012	0,003	0,002	0,007	0,016
	2023	0,002	0,017	0,137	0,095	0,28
ST	2013	0,025	0,004	0,007	0,016	0,013
	2023	0,004	0,019	0,186	0,198	0,652
T	2013	0,47	0,689	0,435	0,718	0,529
	2023	0,439	0,403	0,985	0,625	0,806
Turbidez	2013	0,004	0,006	0,017	0,096	0,028
	2023	0,002	0,006	0,272	0,105	0,438
Nitrato	2013	0,687	0,153	0,27	0,709	0,064
	2023	0,079	0,567	0,343	0,364	0,973

CT = Coliformes totais, P = fósforo, NAT = nitrogênio amoniacal total, OD = oxigênio dissolvido, pH = potencial hidrogênico, SDT = sólidos dissolvidos totais, SST= sólidos suspensos totais, ST = sólidos totais, T = temperatura.

Fonte: Elaborado pela Autora (2025).

Além disso, foram realizadas comparações entre estações de monitoramento localizadas em sequência ao longo do curso d'água, com o objetivo de identificar padrões espaciais. Especificamente, foram analisadas as estações JE011, JE019, JE021, JE023 e JE025, que estão distribuídas de forma contínua na bacia e seguem uma ordem crescente a jusante. Assim sendo, foi possível avaliar as alterações na qualidade da água ao longo do trajeto do rio.

Com a normalidade dos dados analisadas, foi gerado os resultados do teste t e do teste de Mann-Whitney, conforme Tabela 5.9.

Tabela 5.9 – Resultados do teste t e do teste de Mann-Whitney para estações as independentes

Parâmetros	(p-valor)									
	JE011	JE019	Qual média é >?	JE019	JE021	JE021	JE023	JE023	JE025	Qual média é >?
CT	2013	0,561*	-	0,877	-	0,104*	-	0,882*	-	-
	2023	0,657*	-	0,686*	-	0,686*	-	0,379	-	-
P	2013	1*	-	0,163*	-	0,163*	-	1*	-	-
	2023	0,412	-	1	-	0,446	-	0,826	-	-
NAT	2013	0,124*	-	0,419	-	0,357	-	0,312	-	-
	2023	0,026*	JE011	1*	-	1*	-	1*	-	-
OD	2013	0,042	JE011	0,416	-	0,917	-	0,594	-	-
	2023	0,31	-	0,416	-	0,479	-	0,109	-	-
pH	2013	0,501	-	0,228	-	0,139	-	0,092	-	-
	2023	0,385*	-	1*	-	0,356	-	0,063	-	-
SDT	2013	0,364	-	0,657	-	0,594	-	0,543	-	-
	2023	0,802	-	0,711	-	0,466	-	0,122	-	-
SST	2013	0,343*	-	0,2*	-	0,771*	-	0,686	-	-
	2023	0,663*	-	1*	-	0,944	-	0,366	-	-
ST	2013	0,343*	-	0,686*	-	0,886*	-	0,468	-	-
	2023	1*	-	1*	-	0,891	-	0,724	-	-
T	2013	0,031	JE019	0,509	-	0,132	-	0,131	-	-
	2023	0,717	-	0,127	-	0,101	-	0,041	JE025	-
Turbidez	2013	0,343*	-	0,686*	-	0,886*	-	0,486	-	-
	2023	0,686*	-	1*	-	0,854	-	0,447	-	-
Nitrato	2013	0,109	-	0,638	-	0,831	-	0,907	-	-
	2023	0,863	-	0,735	-	0,917	-	0,405	-	-

CT = Coliformes totais, P = fósforo, NAT = nitrogênio amoniacal total, OD = oxigênio dissolvido, pH = potencial hidrogênico, SDT = sólidos dissolvidos totais, SST= sólidos suspensos totais, ST = sólidos totais, T = temperatura;

*Foi usado o teste de Wilcoxon-Mann-Whitney;

Demais, foi usado o teste t para amostras independentes.

Fonte: Elaborado pela Autora (2025).

Ademais, ao analisar os resultados, percebe-se que para o ano de 2013, foram observadas diferenças significativas (p valor menor que 0,05) para o oxigênio dissolvido (OD) entre as

estações JE011 e JE019, o que indica que a média desses parâmetros é maior na estação JE019. O mesmo ocorreu para o parâmetro temperatura (T), no entanto, a média da JE019 foi maior em 2013. Logo, os resultados sugerem uma maior alteração nas condições da água ao longo do trecho da estação JE019, localizada mais a jusante, que indica modificações mais acentuadas no trecho correspondente à JE019 em comparação à JE011, situada a montante.

Já no ano de 2023, foi identificada diferença estatisticamente significativa para o nitrogênio amoniacal total (NAT) entre as estações JE011 e JE019, com maior média em JE011. Em uma análise integrada com os dados de uso e ocupação do solo para a BC JE019 já apresentada, observa-se um aumento significativo da área de pastagem entre os anos (176,72 km²) bem como o aumento dos mosaicos de usos (27,5, km²) e silvicultura (27,243 km²), o que possivelmente está relacionado a esse aumento. Segundo Silva *et al.* (2019), as atividades agrícolas frequentemente utilizam grandes quantidades de nitrogênio para elevar a produtividade, e o seu uso excessivo ou mal dosado favorece sua lixiviação para águas subterrâneas e o transporte para corpos d'água superficiais.

Tais resultados indicam que, mesmo ao longo do tempo, persistem diferenças nos padrões de qualidade da água entre determinadas estações, o que pode estar associado às características de uso e ocupação do solo nas respectivas microbacias.

No mais, é fundamental considerar as contribuições a montante provenientes da porção superior da bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha, que podem alterar significativamente a qualidade da água nas regiões a jusante. A complexidade hidrológica da bacia inclui ainda o efeito de diluição promovido pelo aumento da vazão ao longo do curso do rio. À medida que o rio avança em direção a jusante, o acréscimo de afluentes e de volume hídrico tende a diluir os poluentes, o que pode mascarar ou suavizar variações em determinados parâmetros de qualidade da água.

Com base nos resultados estatísticos obtidos (Tabela 5.7 e Tabela 5.9), que indicaram diferenças significativas entre algumas estações de monitoramento para determinados parâmetros, procedeu-se à análise das médias desses parâmetros, conforme apresentado na Tabela 5.10. A tabela resume as médias observadas para os parâmetros de nitrogênio amoniacal total (NAT), oxigênio dissolvido (OD), fósforo total (P) e temperatura (T) nas estações JE011, JE019, JE021, JE023 e JE025, nos anos de 2013 e 2023.

Destacam-se, por exemplo, as variações nos valores de oxigênio dissolvido, que em 2013 a estação JE011 apresentou média de 8,55 mg/L. Em 2023, observa-se uma redução nesse parâmetro, possivelmente se deve ao aumento da carga de substâncias químicas que promovem a oxidação, e conseqüentemente, consomem mais oxigênio. Nesse sentido, Von Sperling (1996) explica que a introdução de matéria orgânica em um corpo hídrico leva, de forma indireta, à redução dos níveis de oxigênio dissolvido, já que sua decomposição consome esse oxigênio. Por consequência, a diminuição da concentração de oxigênio dissolvido tem várias implicações ambientais e representa um dos principais problemas relacionados à poluição das águas (Von Sperling, 1996).

Já o nitrogênio amoniacal total mostrou-se maior em 2023 para a estação JE011 do que para o ano de 2013. Além disso, na estação JE019, quando comparada com a estação a montante (JE011), também apresentou maior valor de NAT.

No caso da temperatura, nota-se um aumento progressivo a jusante em ambos os anos, com destaque para JE021 e JE025, que atingiu a maior média em 2013 (29,28 °C), em direção a regiões mais quentes da bacia. Com relação ao parâmetro fósforo total, percebe-se um aumento da média, estatisticamente significativo, conforme apresentado, entre os anos de 2013 e 2023 na estação JE021.

Logo, as médias foram avaliadas com o intuito de melhor visualizar e interpretar os resultados obtidos nos testes de comparação estatística, de forma a permitir a identificação desses padrões espaciais sobre a qualidade da água ao longo da bacia hidrográfica.

Tabela 5.10 – Médias dos parâmetros com diferenças estatisticamente significativas entre estações selecionadas (2013 e 2023)

Parâmetro	Ano	Média				
		JE011	JE019	JE021	JE023	JE025
Nitrogênio Amoniacal total – NAT (mg/L)	2013	0.11	0.16	0.13	0.19	0.13
	2023	0.71	0.11	0.11	0.21	0.11
Oxigênio dissolvido – OD (mg/L)	2013	8.55	7.73	8.13	8.18	8.53
	2023	7.88	7.43	7.73	7.50	8.20
Fósforo total – P (mg/L)	2013	0.04	0.02	0.06	0.02	0.02
	2023	0.08	0.05	0.05	0.08	0.07
Temperatura – T (°C)	2013	24.55	28.13	29.28	26.48	29.28
	2023	24.10	24.58	27.43	25.10	28.83

Fonte: Elaborado pela Autora (2025).

5.6 Correlação de Spearman

Os testes de correlação neste estudo têm como objetivo identificar associações entre os parâmetros de qualidade da água e os usos do solo. Esses resultados indicam possíveis relações, mas não comprovam causalidade. Conforme destaca Schield (1995), a correlação não permite identificar se uma variável causa mudanças na outra, nem se há uma relação de influência mútua entre elas. Em vez de apontar quem influencia quem, ela apenas mostra que as duas variáveis apresentam um padrão de variação semelhante, ou seja, seus valores tendem a aumentar ou diminuir juntos, mas sem indicar a direção ou a natureza dessa relação. Isso significa que, mesmo quando há uma correlação estatisticamente significativa entre o uso do solo e a qualidade da água, não é possível afirmar que um é causa direta do outro.

Primeiramente, Tabela 5.11 apresenta os resultados da análise de correlação de Spearman entre os parâmetros de qualidade da água e as classes de uso e ocupação do solo na bacia de contribuição da estação JE011. Os resultados mais relevantes estatisticamente ($p < 0,05$) indicam correlações significativas entre o nitrogênio amoniacal total (NAT) e diversas classes de uso.

Destaca-se uma correlação positiva forte, conforme interpretação definida por Mukaka (2012), entre NAT e as classes “Outras Lavouras Temporárias” ($r = 0,819$; $p = 0,002$), “Café” ($r = 0,743$; $p = 0,006$), “Área Urbanizada” ($r = 0,883$; $p < 0,001$), “Silvicultura” ($r = 0,865$; $p < 0,001$), “Mosaico de Usos” ($r = 0,824$; $p = 0,002$), “Pastagem” ($r = 0,728$; $p = 0,011$). Essas correlações sugerem que o aumento dessas classes está associado a concentrações mais elevadas de nitrogênio amoniacal na água, refletindo o impacto das atividades antrópicas sobre esse parâmetro. Essa análise se apoia no estudo de Junior *et al.* (2024), que observaram o avanço das áreas agrícolas associado ao aumento na concentração de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio amoniacal.

Por outro lado, houve uma correlação negativa significativa entre NAT e a classe “Formação Savânica” ($r = -0,883$; $p < 0,001$), o que indica que áreas com Formação Savânica tendem a estar associadas a menores concentrações desse nutriente. Essa relação sugere que a presença de vegetação natural nas margens dos corpos hídricos exerce papel essencial na manutenção da qualidade da água, atuando como barreira física contra a entrada de poluentes. Corroborando essa relação, os dados apresentados por Pontes, Marques e Marques (2012) evidenciam que a

presença de vegetação natural nas proximidades de cursos d'água, teve papel fundamental na elevação qualidade da água. Esse resultado foi atribuído ao aumento dos níveis de oxigênio dissolvido e à redução das concentrações de poluentes. Segundo os autores, a vegetação ripária bem conservada contribui não apenas com a depuração da água, mas também com a proteção do solo, prevenindo a erosão e o aporte de sedimentos ao corpo hídrico.

Ademais, houve uma correlação positiva forte entre a classe “Formação Florestal” ($r = 0,851$; $p < 0,001$) e os níveis de Nitrogênio Amoniacal Total. Tal situação é atípica, uma vez que, do ponto de vista ecológico, seria esperado o contrário. No entanto, algumas hipóteses podem explicar esse comportamento atípico. Em um primeiro momento é válido ressaltar que, segundo o MapBiomas (2024), a classe “Formação Florestal” engloba diversas tipologias de vegetação, como florestas ombrófilas, estacionais e pioneiras, o que pode explicar essa correlação positiva. Essa variação de estágios florestais, junto com eventos de chuva intensa ou saturação do solo, pode, possivelmente, transportar esse material para os cursos d'água, elevando as concentrações de NAT mesmo em áreas teoricamente protegidas.

Na análise destaca-se que o fósforo total (P) também apresentou correlação estatisticamente significativa e moderada com a classe de “Pastagem” ($r = 0,631$; $p = 0,032$). Tal resultado sugere que áreas com predominância de pastagens, presentes em larga escala na bacia, podem estar contribuindo para o aumento da concentração de fósforo nos corpos hídricos da bacia JE011, possivelmente em função do carreamento de resíduos orgânicos e fertilizantes aplicados ao solo ou esgotos domésticos lançados sem tratamento na área. De acordo com os resultados apresentados por Araujo *et al.* (2020), o fósforo total apresentou concentrações mais altas nas estações associadas a microbacias com maior influência de atividades antrópicas, quando comparadas às áreas de uso predominantemente natural.

Ao analisar a Tabela 5.12, correspondente a bacia hidrográfica da estação JE019, os resultados da análise de correlação de Spearman indicaram relações estatisticamente significativas entre o parâmetro de temperatura da água e algumas classes de uso e ocupação do solo. A temperatura apresentou correlação negativa forte com as classes de mineração ($r = -0,830$, $p = 0,002$), área urbanizada ($r = -0,809$, $p = 0,004$) e silvicultura ($r = -0,800$, $p = 0,005$), o que sugere que o aumento dessas atividades pode estar relacionado à redução da temperatura da água, possivelmente por sombreamento, maior cobertura do solo ou modificações nas dinâmicas

locais do escoamento. Essa análise de apoio no estudo de Mustafa *et al.* (2018) que evidenciou que a presença de vegetação desempenha um papel fundamental no resfriamento da temperatura dos corpos hídricos, principalmente por meio da interceptação e absorção da radiação solar incidente.

Além disso, a temperatura também apresentou correlação negativa moderada com a classe de pastagem ($r = -0,700$, $p = 0,021$), o que pode indicar impactos semelhantes, ainda que com menor intensidade. Por outro lado, observou-se uma correlação positiva significativa entre temperatura da água e a classe de Formação Savânica ($r = 0,809$, $p = 0,004$), o que pode estar relacionado à maior exposição solar e menor sombreamento natural característico desse tipo de vegetação.

A mesma situação ocorreu para a temperatura da água na estação JE023, que apresentou correlação positiva com a Formação Campestre ($r = 0,627$; $p = 0,044$). De acordo com Mustafa *et al.* (2018), áreas com cobertura vegetal densa, como florestas, atuam como barreiras naturais à radiação, reduzindo significativamente o aquecimento das águas superficiais. No entanto, é importante destacar que, apesar das correlações significativas encontradas, a temperatura da água pode ser influenciada por diversos outros fatores, como condições meteorológicas e regime de chuvas, por exemplo.

Adicionalmente, conforme a Tabela 5.10 mencionada anteriormente, percebe-se que houve uma redução nas médias das temperaturas das estações entre 2023 e 2013. Tal situação pode ocorrer em função do horário da medição ou pequenas diferenças nos métodos de coleta também podem influenciar os resultados além da cobertura de nuvens ou mudanças no regime de chuvas e vazões, que ajudaram a manter a água mais fria.

Já na bacia de contribuição da estação JE023, conforme Tabela 5.14, destacaram-se correlações estatisticamente significativas entre o fósforo total e diversas classes de uso e ocupação do solo. Observou-se uma forte correlação positiva com as classes de Outras Lavouras Perenes ($r = 0,758$; $p = 0,007$), Mineração ($r = 0,808$; $p = 0,003$), Café ($r = 0,821$; $p = 0,002$), Área Urbanizada ($r = 0,808$; $p = 0,003$), Silvicultura ($r = 0,817$; $p = 0,002$) e Pastagem ($r = 0,789$; $p = 0,004$). Esses resultados apontam que o avanço dessas atividades está diretamente associado ao aumento da concentração de fósforo nos corpos hídricos locais. Araujo *et al.* (2020) também encontraram uma correlação significativa e positiva para a porcentagem de usos antrópicos e o

parâmetro de fósforo total. Do mesmo modo, o estudo de Júnior, Lopes e Macedo (2019) identificou uma associação positiva entre o fósforo total e as áreas de agricultura ou pastagem, e uma associação negativa com áreas não vegetadas. Logo, os resultados sugerem que áreas antrópicas com forte intervenção no solo podem estar contribuindo para a carga de nutrientes nas águas da bacia.

Ainda sobre o fósforo total, houve correlação negativa com a classe de Formação Savânica ($r = -0,808$; $p = 0,003$), o que possivelmente indica que essas coberturas naturais estão associadas a menores concentrações desse parâmetro, supostamente por exercerem função protetora sobre o solo e a dinâmica hidrológica da região. Resultados semelhantes foram encontrados por Júnior, Lopes e Macedo (2019), que observaram uma elevação nos níveis de nutrientes em áreas com maior cobertura agrícola ou de pastagens, enquanto a presença de vegetação nativa, especialmente florestas, esteve associada à redução desses níveis na bacia do rio Jequitinhonha.

Ademais, houve uma correlação negativa forte do fósforo total com o Mosaico de Usos ($r = -0,757$; $p = 0,007$). Este resultado contraria a expectativa comum de que áreas com maior uso antrópico do solo estejam associadas a concentrações elevadas de fósforo nos corpos hídricos. No entanto, de acordo com o MapBiomas (2023), a classe de mosaico de usos representa áreas em que não é possível distinguir com clareza o tipo específico de uso do solo, englobando desde pastagens e cultivos agrícolas até áreas periurbanas e até zonas em regeneração dentro de áreas protegidas. Isso significa que o “Mosaico” é uma categoria altamente heterogênea. Logo, essa incerteza na definição da classe compromete a interpretação direta entre uso do solo e qualidade da água, pois ela agrupa áreas heterogêneas.

Com relação as análises de correlação realizadas para as bacias de contribuição das estações JE021 e JE025 (Tabela 5.13 e Tabela 5.15, respectivamente), ambas não apresentaram valores estatisticamente significativos entre os parâmetros de qualidade da água e as classes de uso e ocupação do solo. Esse resultado pode estar relacionado a diversos fatores, como a ausência de atividades antrópicas mais intensivas ou ainda a baixa sensibilidade dos parâmetros analisados frente às variações na cobertura do solo ao longo do período estudado.

Ademais, é possível que a ausência de correlação significativa também esteja associada a limitações metodológicas, como o número reduzido de amostras ou a variabilidade natural dos parâmetros físico-químicos da água. Além disso, a BC JE025, por exemplo, corresponde a toda a área da bacia JQ3, ou seja, a escala da bacia pode ter sido um fator limitante também.

Tabela 5.11 – Análise da correlação entre os parâmetros de qualidade de água e o uso e ocupação do solo da BC JE011

		Outras Lavouras Temporárias	Formação Campestre	Café	Outras Áreas não Vegetadas	Área Urbanizada	Afloramento Rochoso	Silvicultura	Mosaic o de Usos	Pastagem	Formaçã o Florestal	Formação Savânica
NAT_JE01 1	r	0,819**	-0,279	0,743**	0,284	0,883***	0	0,865***	0,824**	0,728*	0,851***	-0,883***
	p-value	0,002	0,406	0,009	0,398	<,001	1	<,001	0,002	0,011	<,001	<,001
OD_JE011	r	-0,436	-0,009	-0,371	-0,337	-0,456	0,129	-0,392	-0,342	-0,574	-0,278	0,456
	p-value	0,18	0,979	0,261	0,311	0,159	0,706	0,233	0,304	0,065	0,408	0,159
P_JE011	r	0,423	-0,184	0,189	0,023	0,475	0,112	0,447	0,341	0,631*	0,332	-0,475
	p-value	0,195	0,587	0,578	0,946	0,14	0,744	0,168	0,305	0,037	0,319	0,14
T_JE011	r	-0,176	-0,196	-0,016	-0,269	-0,091	0,257	-0,036	0,027	0	-0,064	0,091
	p-value	0,605	0,564	0,962	0,424	0,79	0,445	0,915	0,936	1	0,852	0,79

Nota, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Fonte: Elaborado pela Autora (2025).

Tabela 5.12 – Análise da correlação entre os parâmetros de qualidade de água e o uso e ocupação do solo da BC JE019

		Outras Lavouras Temporárias	Formação Campestre	Mineração	Café	Outras Áreas não Vegetadas	Área Urbanizada	Afloramento Rochoso	Silvicultura	Mosaico de Usos	Pastagem	Formação Florestal	Formação Savânica
NAT_JE019	r	-0,061	-0,28	0,175	0,358	-0,042	0,145	-0,093	0,215	-0,434	0,201	-0,485	-0,145
	p-value	0,859	0,405	0,607	0,28	0,902	0,671	0,785	0,526	0,183	0,554	0,131	0,671
OD_JE019	r	-0,023	-0,146	0,002	-0,046	-0,123	-0,068	-0,064	-0,027	-0,287	-0,178	0,182	0,068
	p-value	0,947	0,669	0,995	0,893	0,719	0,842	0,852	0,936	0,392	0,601	0,592	0,842
P_JE019	r	0,442	-0,083	0,477	0,102	0,06	0,507	0,185	0,525	-0,304	0,507	-0,438	-0,507
	p-value	0,173	0,808	0,138	0,765	0,861	0,111	0,587	0,097	0,363	0,111	0,178	0,111
T_JE019	r	-0,445	0,209	-0,830**	-0,569	-0,391	-0,809**	0,059	-0,800**	0,064	-0,700*	0,445	0,809**
	p-value	0,173	0,539	0,002	0,068	0,237	0,004	0,863	0,005	0,86	0,021	0,173	0,004

Nota, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Fonte: Elaborado pela Autora (2025).

Tabela 5.13 – Análise da correlação entre os parâmetros de qualidade de água e o uso e ocupação do solo da BC JE021

		Outras Lavouras Perenes	Outras Lavouras Temporárias	Formação Campestre	Mineração	Café	Outras Áreas não Vegetadas	Área Urbanizada	Afloramento Rochoso	Silvicultura	Mosaico de Usos	Pastagem	Formação Florestal	Formação Savânica
NAT_JE021	r	-0,087	-0,198	-0,106	-0,179	-0,317	-0,299	-0,179	0,018	-0,161	-0,303	-0,078	0,161	0,179
	p-value	0,799	0,56	0,757	0,598	0,342	0,372	0,598	0,957	0,636	0,364	0,819	0,636	0,598
OD_JE021	r	-0,478	-0,355	0,064	-0,491	-0,345	-0,255	-0,491	0,109	-0,455	-0,018	-0,473	0,455	0,491
	p-value	0,137	0,286	0,86	0,129	0,299	0,451	0,129	0,755	0,163	0,968	0,146	0,163	0,129
P_JE021	r	0,214	0,346	-0,435	0,243	0,056	-0,318	0,243	0,332	0,276	-0,285	0,332	-0,276	-0,243
	p-value	0,528	0,297	0,181	0,471	0,87	0,341	0,471	0,319	0,412	0,395	0,319	0,412	0,471
T_JE021	r	-0,225	-0,227	-0,464	-0,2	-0,345	-0,536	-0,2	0,164	-0,191	-0,009	-0,2	0,191	0,2
	p-value	0,507	0,503	0,154	0,558	0,299	0,094	0,558	0,634	0,576	0,989	0,558	0,576	0,558

Nota, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Fonte: Elaborado pela Autora (2025).

Tabela 5.14 – Análise da correlação entre os parâmetros de qualidade de água e o uso e ocupação do solo da BC JE023

		Outras Lavouras Perenes	Outras Lavouras Temporárias	Formação Campestre	Mineração	Café	Outras Áreas não Vegetadas	Área Urbanizada	Afloramento Rochoso	Silvicultura	Mosaico de Usos	Pastagem	Formação Florestal	Formação Savânica
NAT_JE023	r	0,474	0	-0,575	0,331	0,581	0,023	0,331	-0,083	0,29	-0,234	0,299	0,069	-0,331
	p-value	0,14	1	0,064	0,32	0,061	0,947	0,32	0,809	0,388	0,488	0,372	0,84	0,32
OD_JE023	r	-0,378	-0,128	-0,082	-0,387	-0,283	-0,387	-0,387	0,159	-0,337	0,223	-0,282	0,118	0,387
	p-value	0,252	0,709	0,811	0,239	0,399	0,239	0,239	0,64	0,311	0,509	0,4	0,729	0,239
P_JE023	r	0,758**	0,538	-0,413	0,808**	0,821**	0,283	0,808**	0,079	0,817**	-0,757**	0,789**	-0,408	-0,808**
	p-value	0,007	0,088	0,207	0,003	0,002	0,399	0,003	0,818	0,002	0,007	0,004	0,212	0,003
T_JE023	r	-0,437	-0,036	0,627*	-0,2	-0,497	0,164	-0,2	0	-0,173	0,164	-0,155	0,109	0,2
	p-value	0,179	0,924	0,044	0,558	0,12	0,634	0,558	1	0,614	0,634	0,654	0,755	0,558

Nota, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Fonte: Elaborado pela Autora (2025).

Tabela 5.15 – Análise da correlação entre os parâmetros de qualidade de água e o uso e ocupação do solo da BC JE025

		Outras Lavouras Perenes	Outras Lavouras Temporárias	Formação Campestre	Café	Mineração	Outras Áreas não Vegetadas	Área Urbanizada	Aflorament o Rochoso	Silvicultura	Mosaico de Usos	Formação Florestal	Formação Savânica	Pastage m
NAT_JE025	r	0,451	-0,078	-0,523	0,303	0,28	0,252	0,28	-0,312	0,33	0,073	-0,477	-0,28	0,358
	p-value	0,164	0,82	0,099	0,365	0,405	0,454	0,405	0,35	0,321	0,83	0,138	0,405	0,28
OD_JE025	r	-0,597	-0,155	0,082	-0,418	-0,545	-0,518	-0,545	0,318	-0,5	0,464	0,318	0,545	-0,491
	p-value	0,053	0,654	0,818	0,203	0,087	0,107	0,087	0,341	0,121	0,154	0,341	0,087	0,129
P_JE025	r	0,372	0,101	-0,183	0,248	0,358	0,183	0,358	-0,073	0,385	0,046	-0,147	-0,358	0,275
	p-value	0,259	0,768	0,589	0,463	0,28	0,589	0,28	0,83	0,242	0,893	0,667	0,28	0,413
T_JE025	r	-0,128	-0,245	0	-0,145	-0,145	-0,182	-0,145	0,036	-0,064	-0,027	-0,027	0,145	0,073
	p-value	0,709	0,468	1	0,673	0,673	0,595	0,673	0,924	0,86	0,946	0,946	0,673	0,839

Nota, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Fonte: Elaborado pela Autora (2025).

6 CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo analisar a influência das mudanças no uso e ocupação do solo sobre a qualidade das águas superficiais na bacia hidrográfica do médio e baixo rio Jequitinhonha, no período de 2013 a 2023. Nesse sentido, a partir da integração de dados geoespaciais e estatísticos, foi possível analisar essa relação entre as alterações antrópicas na paisagem e a variação da qualidade da água na região de estudo.

A partir da comparação temporal da qualidade da água entre os anos de 2013 e 2023, utilizando testes estatísticos, foi possível verificar diferenças estatísticas significativas na distribuição dos valores dos parâmetros analisados, especialmente nas estações de monitoramento situadas em regiões com maior presença de uso urbano, pastagens e agricultura. Logo, os resultados indicaram que, nas bacias de contribuição analisadas, houve significativa substituição de vegetação nativa, principalmente a formação savânica, por áreas de pastagem, silvicultura e mosaicos de usos. Essas mudanças refletiram diretamente em indicadores como o oxigênio dissolvido, o fósforo total, a temperatura e o nitrogênio amoniacal total. Em muitos casos, os valores médios de concentração de nutrientes e outros indicadores de poluição aumentaram ao longo da década, apontando uma tendência de deterioração da qualidade da água.

Além disso, a partir da correlação de Spearman, evidenciou-se, por exemplo, forte correlações positivas significativas entre o nitrogênio amoniacal total e classes como pastagem, café, lavouras temporárias e áreas urbanizadas. Também foi identificada correlação positiva entre fósforo total e atividades como mineração, agricultura e silvicultura. Esses resultados indicam que o avanço dessas classes está associado a maior concentração de nutrientes nos corpos hídricos, refletindo o carreamento de fertilizantes, sedimentos, matéria orgânica e efluentes sem tratamento adequado. A correlação negativa com formações savânicas e campestres, por outro lado, evidenciou o papel protetivo das áreas naturais na manutenção da qualidade hídrica, ao promoverem proteção contra erosão e filtragem natural de poluentes.

Ademais, quanto aos objetivos traçados no estudo, todos foram alcançados. Isso porque foi possível mapear as alterações do uso do solo, identificar e caracterizar as estações de monitoramento do IGAM, aplicar testes estatísticos adequados para diferentes estruturas de dados e correlacionar, o uso do solo com os parâmetros de qualidade da água. Em sequência,

as hipóteses levantadas foram confirmadas, que demonstraram que a intensificação do uso do solo compromete a qualidade ambiental dos corpos hídricos da bacia JQ3.

Portanto, o estudo reforça a importância do monitoramento contínuo e do uso de ferramentas de análise integradas como suporte à tomada de decisão na gestão de bacias hidrográficas. No mais, os resultados obtidos na pesquisa podem subsidiar ações de planejamento ambiental e conservação, especialmente em contextos de crescente pressão sobre os recursos naturais.

7 RECOMENDAÇÕES

Diante dos resultados alcançados e das limitações encontradas ao longo do desenvolvimento do presente trabalho, é pertinente apresentar recomendações que possam possibilitar o aprofundamento da temática e orientar a continuidade de estudos voltados à relação entre o uso e a ocupação do solo e a qualidade da água na bacia do médio e baixo rio Jequitinhonha.

Primeiramente, recomenda-se que análises futuras considerem a influência da sazonalidade, uma vez que, neste estudo, os dados foram agregados em séries anuais, o que possivelmente mascarou variações relevantes entre os períodos de estiagem e de chuvas. Assim sendo, a incorporação de uma abordagem sazonal poderia revelar oscilações nos parâmetros de qualidade da água relacionadas às dinâmicas hidrológicas e ao transporte de sedimentos, o que ofereceria uma compreensão mais assertiva dos processos que envolvem os corpos hídricos da região. No entanto, essa separação sazonal implicaria na redução do número de amostras em cada período (seco e chuvoso), o que poderia comprometer as análises, já que inviabilizaria a aplicação de certos testes. Por essa razão, embora esse aspecto seja importante, não foi contemplado na presente pesquisa devido às opções metodológicas adotadas, que privilegiaram uma comparação temporal mais ampla.

Recomenda-se, também, que investigações posteriores realizem campanhas de amostragem *in loco*, especialmente em pontos de monitoramento com registros escassos ou inconsistentes, a fim de validar os dados obtidos por meio de bases secundárias. Além disso, a coleta em campo permitiria, ainda, o levantamento de parâmetros não contemplados ou inconsistentes em bancos públicos, tais como condutividade elétrica e demanda bioquímica de oxigênio, e variações espaciais em pequenos cursos d'água, o que contribuiria para enriquecer as análises realizadas.

Por fim, embora a pesquisa ofereça uma base consistente e metodologicamente integrada, novas investigações são necessárias para ampliar a abordagem aqui proposta e para contribuir de modo mais efetivo para o monitoramento e a gestão sustentável dos recursos hídricos da bacia do médio e baixo rio Jequitinhonha.

8 REFERÊNCIAS

AHMED, Aliyu Aminu; MUHAMMAD, Rukayya Aminu. A Beginners review of jamovi statistical software for economic research. **Dutse International Journal of Social and Economic Research**, v. 6, n. 1, p. 109-118, 2021. Disponível em: https://fud.edu.ng/journals/DIJSER/DIJSER_Vol6_July2021/6_1/10_Volume_6_No_1_Page109-118.pdf. Acesso em: 08 jun. 2025.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento. **Básico Acesso à informação institucional**. [2025?]. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/institucional>. Acesso em: 12 jan. 2025.

ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos: Informe Anual 2023**. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Brasília, 133 p., 2024. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>. Acesso em: 10 nov. 2024.

ANA. **Programa Produtor de Água**. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Brasília, 23 p., 2008. Disponível em: <http://produtordeagua.ana.gov.br/Portals/0/DocsDNN6/documentos/Folder%20-%20Programa%20Produtor%20de%20%C3%81gua.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2024

ARAUJO, Paula Lopes De et al. Relação entre a qualidade da água e o uso do solo em microbacias do reservatório Billings, na Região Metropolitana de São Paulo-SP. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 15, 2020. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/OJS/index.php/REGA/article/view/73>. Acesso em: 19 jun. 2025.

GAMA, S. A. J., et al. Aplicação dos Testes de Hipóteses Paramétricos e Não Paramétricos em duas Amostras da Estação Fluviométrica Três Maria (MG) da bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 10, p. 100918-100928, 2021.]. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/38667/pdf>. Acesso em: 22 jul. 2025.

BRASIL. [constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2016]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 07 jan. 2025.

BRASIL. Código das Águas, **Decreto Nº 24.643, de 10 de julho de 1934**. Diário Oficial da União. Decreta o Código das Águas. Brasília, DF: Presidência da República, 1934. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643compilado.htm. Acesso em: 07 jan. 2025.

BRASIL. Código de Mineração. **Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967**. Dá nova redação ao Decreto-lei nº 1.985, de 29 de janeiro de 1940. (Código de Minas). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1967. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0227.htm. Acesso em: 08 jan. 2025.

BRASIL. Código Florestal. **Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965**. Institui o Código Florestal. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1965. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm. Acesso em: 08 jan. 2025.

BRASIL. Código Nacional de Saúde. **Decreto nº 49.974-A, de 21 de janeiro de 1941**. Regulamenta, sob a denominação de Código Nacional de Saúde, a Lei nº 2.312, de 3 de setembro de 1954, de Normas Gerais sobre Defesa e Proteção da Saúde. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1941. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/atos/decretos/1961/d49974a.html#textoimpressao. Acesso em: 08 jan. 2025.

BRASIL. Código Penal. **Decreto - Lei nº 2.848, de 7 de dezembro de 1940**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1940. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del2848.htm. Acesso em: 08 jan. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. **Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 05 dez. 2024.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, p. 58-63, seção 053, 17 mar. 2005. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2747>. Acesso em: 15 nov. 2024.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Diário Oficial da União, Brasília, DF, p. 89, seção 053, 13 mai. 2011. Disponível em: <https://www.saude.mg.gov.br/images/documentos/Resolucao%20CONAMA%20430%20de%2013%20de%20maio%20de%202011.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1986a. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=745. Acesso em: 09 jan. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986**. Dispõe sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1986b. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/1986/res_conama_20_19

86_revgd_classificacaoaguas_altrd_res_conama_274_2000_revgd_357_2005.pdf. Acesso em: 09 jan. 2025.

BRASIL. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio. **Rebio da Mata Escura** [2025?]. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/mata-atlantica/lista-de-ucs/rebio-da-mata-escura>. Acesso em: 29 jun. 2025.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. (Redação dada pela Lei nº 14.026, de 2020). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm. Acesso em: 10 jan. 2025.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Estabelece o Novo Marco Legal do Saneamento Básico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm. Acesso em: 10 jan. 2025.

BRASIL. **Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000**. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh) e responsável pela instituição de normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico. (Redação dada pela Lei nº 14.026, de 2020). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2000. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9984compilado.htm. Acesso em: 09 jan. 2025.

BRASIL. Política Agrícola. **Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991**. Dispõe sobre a política agrícola. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1991. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8171.htm. Acesso em: 15 jan. 2025.

BRASIL. Política Nacional de Recursos Hídricos, **Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Diário Oficial da União. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF: Presidência da República, 1997. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_drb/_arquivos/152_03122008033158.pdf. Acesso em: 14 nov. 2024.

BRASIL. Política Nacional do Meio Ambiente. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1981. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 08 jan. 2025.

BRITTO, F. B.; VASCO, A. N. D.; NETO, A. de O. A.; GARCIA, C. A. B.; MORAES, G. F. O.; SILVA, M. G. D. Surface water quality assessment of the main tributaries in the lower

São Francisco River, Sergipe. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 23, p. e28, 2018. DOI: 10.1590/2318-0331.231820170061. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbrh/a/BBJ9HdwX9wrtFdYcP3RLkFx/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 22 out. 2024.

CALLEGARI-JACQUES, Sidia M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Artmed Editora, 2009.

CAREY, R. O., MIGLIACCIO, K. W., Li, Y., SCHAFFER, B., KIKER, G. A., & BROWN, M. T. Land use disturbance indicators and water quality variability in the Biscayne Bay Watershed, Florida. **Ecological Indicators**, v. 11, n. 5, p. 1093-1104, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X10002141>. Acesso em: 11 nov. 2024

CETESB. **Qualidades das águas interiores no estado de São Paulo**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo, 300 p., 2023. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2023/09/Relatorio-de-Qualidade-das-Aguas-Interiores-no-Estado-de-Sao-Paulo-2022.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2024.

EHLSCHLAEGER, C. **r.watershed – GRASS GIS manual**. [S.l.]: OSGeo – Open Source Geospatial Foundation, 2024. Disponível em: <https://grass.osgeo.org/grass-stable/manuals/r.watershed.html>. Acesso em: 27 abr. 2025.

EHLSCHLAEGER, Charles. **r.water.outlet – GRASS GIS manual**. [S.l.]: OSGeo – Open Source Geospatial Foundation, 2024a. Disponível em: <https://grass.osgeo.org/grass-stable/manuals/r.water.outlet.html>. Acesso em: 27 abr. 2025.

FERREIRA, Eric Batista; OLIVEIRA, Marcelo Silva de. **Introdução à Estatística Básica com R**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2008, 1ª Edição. 124 p.: il. - Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização) a Distância - Gestão de Empresas com Ênfase em Qualidade. Disponível em: <https://jornalismodedados.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/02/introduc3a7c3a3o-c3a0-estadc3adstica-bc3a1sica-com-r-ufla.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2025.

FONTENELE, S. B.; ANDRADE, E.M.; SALGADO, E. V.; MEIRELES, A. C. M.; SABIA, R. J. Análise espaço-temporal da qualidade da água na parte alta da bacia do rio Salgado, Ceará. **Revista Caatinga**, v. 24, p. 102-109, 2011. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2371/237119874014.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2024.

FRAGA, M. de S.; ALMEIDA, L. T. de; ABREU, M. C.; SILVA, F. B.; REIS, G. B.; FERREIRA, R. G. Avaliação da qualidade das águas superficiais na circunscrição hidrográfica do rio Piranga utilizando análise estatística multivariada e não-paramétrica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 14, n. 2, p. 694–710, 2021. DOI: 10.26848/rbgf.v14.2.p694-710. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/244937>. Acesso em: 21 out. 2024.

FREIRE, A. P.; CASTRO, E. C. Análise da Correlação do uso e Ocupação do Solo e da Qualidade da Água. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n.1. p. 41-49, jan./mar.

2014. DOI 10.21168/rbrh.v19n1.p41-49. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/161/c720cf8418e55a3f8a9c4280dafd717b_90f8621cd34013b4293a537120beb593.pdf. Acesso em: 20 out. 2024.

FURLAN, A. R.; FILIPINI, R. C.; REIS, J. T. Os Diferentes Tipos de Uso e Cobertura da Terra e sua Influência nos Parâmetros de Qualidade da Água. **Ciência e Natura**, [S. l.], v. 38, n. 3, p. 1319–1330, 2016. DOI: 10.5902/2179460X22694. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/22694>. Acesso em: 1 dez. 2024.

GUIMARÃES, P. R. B. **Estatística não paramétrica**. Material didático. Universidade Federal do Paraná, Departamento de Estatística, 2016. Disponível em: <https://coorddest.ufpr.br/wp-content/uploads/2016/08/aluno-2016-np.pdf>. Acesso em: 15 maio 2025.

HAIR JR., Joseph F.; LOPES, Evandro Luiz; GABRIEL, Marcelo Luiz Dias da Silva; BIZÁRRIAS, Flávio S.; DA SILVA, Dirceu. Coffee, data, and jamovi: the perfect recipe for great statistical analysis. **Future Studies Research Journal: Trends and Strategies**, [S. l.], v. 17, n. 1, p. e921, 2025. DOI: 10.24023/FutureJournal/2175-5825/2025.v17i1.921. Disponível em: <https://future.emnuvens.com.br/FSRJ/article/view/921>. Acesso em: 8 jun. 2025.

IGAM. **Avaliação da Qualidade das Águas Superficiais de Minas Gerais em 2023: Resumo Executivo Anual**. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte, 245 p., 2024. Disponível em: <http://repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/jspui/handle/123456789/4813>. Acesso em: 22 jan. 2025.

IGAM. **Bacia hidrográfica do Rio Jequitinhonha**. Belo Horizonte. IGAM, [2025?]. Repositório Institucional. Disponível em: <https://igam.mg.gov.br/w/bacia-hidrografica-do-rio-jequitinhonha>. Acesso em: 15 jun. 2025.

IGAM. **Panorama das Águas de Minas Gerais**. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte, 55 p., 2023a. Disponível em: <http://repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/jspui/handle/123456789/4560>. Acesso em: 09 nov. 2024.

IGAM. **Resumo Executivo Anual: Avaliação da Qualidade das Águas Superficiais em Minas Gerais**. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte, 249 p., 2023b. Disponível em: <http://repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/handle/123456789/3801>. Acesso em: 09 nov. 2024.

IGAM. **Séries Históricas de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte. IGAM, [2024?]. Repositório Institucional. Disponível em: <http://repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/handle/123456789/405>. Acesso em: 20 out. 2024.

JÚNIOR de M.; LOPES, A.; MACEDO, R. Diagnóstico multitemporal do uso e cobertura da terra e qualidade das águas na bacia do rio Jequitinhonha em Minas Gerais como subsídio à gestão dos recursos hídricos superficiais. **Revista Espinhaço**, [S. l.], v. 8, n. 2, 2019. DOI:

10.5281/zenodo.3583328. Disponível em: <https://revistas.ufvjm.edu.br/revista-espinhaco/article/view/141>. Acesso em: 22 jun. 2025.

JUNIOR, E. F. C., DA SILVA, D. F., BARROS, C. G. D., DENARDIN, A. L., & DA ROSA, R. M. M. Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água em uma microbacia do Rio Paranaíba, Goiás. **Revista Brasileira de Ciência da Amazônia**, 2024, 13, 3. p.77-87. Disponível em: <https://periodicos.unir.br/index.php/rolimdemoura/article/view/8090/2242>. Acesso em: 22 jun. 2025.

KASSAMBARA, Alboukadel. **rstatix: Pipe-Friendly Framework for Basic Statistical Tests**. CRAN – The Comprehensive R Archive Network, 01 fev. 2023. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=rstatix>. Acesso em: 01 jun. 2025.

KING, Andrew P.; ECKERSLEY, Robert. **Statistics for biomedical engineers and scientists: how to visualize and analyze data**. 1. ed. Cambridge, MA: Academic Press, 2019.

LANDAU, Elena Charlotte; GUIMARÃES, Daniel Pereira (ed.). **Bacia Hidrográfica do Rio Jequitinhonha: caracterização ambiental, demográfica, agrária e socioeconômica**. Brasília, DF: Embrapa, 2024. PDF, 167 p. Disponível em: <https://valedojequitinhonha.com.br/bacia-hidrografica-do-rio-jequitinhonhacaracterizacao-ambiental-demograficaagraria-e-socioeconomica/>. Acesso em: 18 jun. 2025.

LARSON, Roland Edwin; FARBER, Betsy. **Estatística aplicada**. 2. ed. São Paulo: Pearson, 2004. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 15 maio 2025.

LEE, S. W.; HWANG, S. J.; LEE, S. B.; HWANG, H. S.; SUNG, H. C. Landscape ecological approach to the relationships of land use patterns in watersheds to water quality characteristics. **Landscape and urban planning**, v. 92, n. 2, p. 80-89, 2009.

LIMA, M. (2023, 18 de janeiro). **Teste de Levene**. Blog Psicometria Online. Disponível em: <https://www.blog.psicometriaonline.com.br/teste-de-levene/>. Acesso em 10 jun. 2025.

LIRA, Karen Carrilho da Silva; FRANCISCO, Humberto Rodrigues; FEIDEN, Aldi. Classificação de fragilidade ambiental em bacia hidrográfica usando lógica Fuzzy e método AHP. **Sociedade & Natureza**, v. 34, p. e62872, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/WfwdNkZLH5jLShDmMFZhfvf/?lang=pt>. Acesso em: 20 jun. 2025.

MAPBIOMAS. **Cobertura e Uso, Transição, Desmatamento e Vegetação Secundária e Idade da Vegetação Secundária (coleção 9)**. 2024. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>. Acesso em: 20 out. 2024.

MAPBIOMAS. **Relatório Anual do desmatamento no Brasil**. São Paulo, 154 p., 2023. Disponível em: <https://alerta.mapbiomas.org/>. Acesso em: 05 dez. 2024.

MICROSOFT CORPORATION. **Microsoft Excel**. Versão 365. Redmond, WA: Microsoft, 2024. Software. Disponível em: <https://www.microsoft.com>. Acesso em: 30 nov. 2024.

MINAS GERAIS. **Lei nº 10.793, de 2 de julho de 1992.** Dispõe sobre a proteção de mananciais destinados ao abastecimento público no Estado. Diário Oficial do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 1992. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/LEI/10793/1992/>. Acesso em: 07 jan. 2025.

MINAS GERAIS. **Lei nº 12.503, de 30 de maio de 1997.** Cria o Programa Estadual de Conservação da Água. Diário Oficial do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 1997. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/LEI/12503/1997/>. Acesso em: 07 jan. 2025.

MINAS GERAIS. Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema de Gerenciamento. **Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999.** Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. Diário Oficial do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 1999. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/LEI/13199/1999/?cons=1>. Acesso em: 07 jan. 2025.

MINAS GERAIS. Política Estadual de Recursos Hídricos. **Lei nº 11.504, de 20 de junho de 1994.** Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. Diário Oficial do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 1994. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/LEI/11504/1994/>. Acesso em: 07 jan. 2025.

MIOT, H. A. Avaliação da normalidade dos dados em estudos clínicos e experimentais. **Jornal vascular brasileiro**, v. 16, n. 2, p. 88-91, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jvb/a/FPW5hwZ6DTH4gvj5mJYpt6B/?lang=pt>. Acesso em 10 mai. 2025.

MIOT, Hélio Amante. Análise de correlação em estudos clínicos e experimentais. **Jornal Vascular Brasileiro**, v. 17, n. 4, p. 275-279, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jvb/a/YwjG3GsXpBFRZLQhFQG45Rb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 09 jun. 2025.

MUKAKA, Mavuto M. A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. **Malawi medical journal**, v. 24, n. 3, p. 69-71, 2012. Disponível em: <https://www.ajol.info/index.php/mmj/article/view/81576>. Acesso em: 09 jun. 2025.

MUSTAFA, Mamoon et al. Modeling landscape change effects on stream temperature using the soil and water assessment tool. **Water**, v. 10, n. 9, p. 1143, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/10/9/1143>. Acesso em: 23 jun. 2025

PAINEL SANEAMENTO BRASIL. **Internações totais por doenças de veiculação hídrica. 2024.** Disponível em: https://www.painelsaneamento.org.br/explore/indicador?SE%5Bg%5D=0&SE%5Bs%5D=21&SE%5Bid%5D=INT_VH. Acesso em: 27 nov. 2024.

PEREIRA, V. R., BERNADO, B. E., MEDEIROS, L. C. De C., FIONE, F. A. IV-627- POTENCIAIS CORRELAÇÕES ENTRE USO DO SOLO E QUALIDADE DE ÁGUAS EM NASCENTES URBANAS DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS. **Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Ambiental e Sanitária**, 2024. Disponível em: https://abes-dn.org.br/analseletronicos/21silubesa_download/627_tema_iv.pdf. Acesos em: 09 jun. 2025.

PIRES, M. C., CASTRO, M. B., LIEBER, Z. V., MENEZES, T. P., & Aoki, R. Y. S. Estatística não paramétrica básica no software R: uma abordagem por resolução de problemas. **Departamento de estatística. Universidade Federal de Minas Gerais**, 2018. Disponível em: https://www.est.ufmg.br/portal/wp-content/uploads/2023/01/RTE_02_2018.pdf. Acesso em 12 mai. 2025.

PONTES, P. P.; MARQUES, A. R.; MARQUES, G. F. Efeito do uso e ocupação do solo na qualidade da água na micro-bacia do Córrego Banguelo-Contagem. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, p. 183-194, 2012. DOI: 10.4136/ambi-agua.962. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/6GHv8VYSLbfKNnqGjXhG83c/?lang=pt>. Acesso em: 23 nov. 2024.

QGIS PROJECT. Dados raster. In: QGIS PROJECT. **Uma introdução suave ao SIG**. QGIS Documentation, 2002–[2025]. Disponível em: https://docs.qgis.org/3.40/pt_BR/docs/gentle_gis_introduction/raster_data.html#raster-data. Acesso em: 01 jun. 2025.

QGIS. Development Team. **QGIS - Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project, Versão 3.22.10. “Biatowieza”. Disponível em: <https://www.osgeo.org/projects/qgis/>. Acesso em: 30 nov. 2024.

R. Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2024. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 30 nov. 2024.

SÁNCHEZ, L. H. **Avaliação de impacto ambiental: Conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 529 p.

SCHIELD, Milo. Correlation, determination and causality in introductory statistics. **American Statistical Association, Section on Statistical Education**, p. 1-6, 1995. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Milo-Schield/publication/238765993_Correlation_determination_and_causality_in_introductory_statistics/links/56fcd49108aef6d10d91c3f4/Correlation-determination-and-causality-in-introductory-statistics.pdf. Acesso em: 29 jun. 2025.

SHAPIRO, M.; LANDA, M. **r.report – GRASS GIS Manual**. GRASS Development Team, 18 nov. 2019. Disponível em: <https://grass.osgeo.org/grass78/manuals/r.report.html>. Acesso em: 01 jun. 2025.

SCHÖBER, Patrick; BOER, Christa; SCHWARTE, Lothar A. Correlation coefficients: appropriate use and interpretation. **Anesthesia & analgesia**, v. 126, n. 5, p. 1763-1768, 2018. Disponível em: https://journals.lww.com/anesthesia-analgesia/fulltext/2018/05000/Correlation_CoefficientsAppropriate_Use_and.50.aspx. Acesso em: 03 jul. 2025.

SILVA, Maytê Maria Abreu Pires de Melo et al. Análise espaço-temporal da qualidade das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Uberaba, MG. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS - XXIII**, 2019, Foz do Iguaçu. Anais [...], 2019. Disponível em: <https://eventos.abrh.org.br/xxiiisbrh/>. Acesso em: 19 jun. 2025.

SOUZA, D. N. et al. Estudo dos erros tipos I e II para testes de aderência utilizando séries sintéticas. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**, 19., 2011, Maceió. Anais... Maceió: ABRH, 2011. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/10710/1/2011_eve_jnbcampos_estudo.pdf. Acesso em 31 mai. 2025.

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 17, p. 1301-1309, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/Kqq4dHBX4yfnxwWFTpqBVzb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 23 nov. 2024.

THE JAMOVİ PROJECT. [2025?]. **Jamovi**. (Versão 2.6.26). Disponível em: <https://www.jamovi.org>. Acesso em: 08 jun. 2025.

TRINDADE, A. C.; ALMEIDA, K. C. de.; BARBOSA, P. E.; OLIVEIRA, S. M. A. C. Tendências temporais e espaciais da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do Rio das Velhas, estado de Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 1, p.13- 24, 2017. DOI: 10.1590/S1413-41522016131457. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/4n83rTXFZGHBc5Q5kL7cbcn/>. Acesso em: 23 out. 2024.

TUCCI, C. E. M. 2001. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 2001.

UN. UNITED NATIONS. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. New York: United Nations, 2015. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>. Acesso em: 07 jan. 2025.

UN. UNITED NATIONS. **What is water security?** Infographic. New York: UN, 8 May 2013. Disponível em: <http://www.unwater.org/publications/water-securityinfographic/>. Acesso em: 07 jan. 2025.

USGS. SERVIÇO GEOLÓGICO DOS ESTADOS UNIDOS – USGS. **O que é um modelo digital de elevação (MDE)?**. 2025. Disponível em: <https://www.usgs.gov/faqs/what-a-digital-elevation-model-dem>. Acesso em: 30 mai. 2025.

VIEIRA, I. C. B.; RIBEIRO, E. A. W. Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água no rio Itajaí-Açu, Santa Catarina. **Revista de Geografia** [online], v. 38, n. 2, 2021. DOI:: 10.51359/2238-6211.2021.248822. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/248822>. Acesso em: 30 nov. 2024.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; v.1).

VREBOS, Dirk; BEAUCHARD, Olivier; MEIRE, Patrick. The impact of land use and spatial mediated processes on the water quality in a river system. **Science of the Total Environment**, v. 601, p. 365-373, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969717313256>. Acesso em: 19 jun. 2025.

WHO. **Global costs and benefits of drinking-water supply and sanitation interventions to reach the MDG target and universal coverage**. World Health Organization. Geneva, 67 p., 2012. Disponível em: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/75140/WHO_HSE_WSH_12.01_eng.pdf. Acesso em: 05 dez. 2024.

WICKHAM, Hadley et al. **dplyr: A Grammar of Data Manipulation**. CRAN – The Comprehensive R Archive Network, 17 nov. 2023. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>. Acesso em: 02 de jun. 2025.

WICKHAM, Hadley et al. **readxl: Read Excel Files**. CRAN – The Comprehensive R Archive Network, 07 mar. 2025. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=readxl>. Acesso em: 02 de jun. 2025.

WICKHAM, Hadley. **tidyverse: Easily Install and Load the Tidyverse**. CRAN – The Comprehensive R Archive Network, 22 fev. 2023. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=tidyverse>. Acesso em: 01 jun. 2025.

ZHOU, P.; HUANG, J.; JR, P. G. R.; HONG, H. New insight into the correlations between land use and water quality in a coastal watershed of China: Does point source pollution weaken it?. **Science of The Total Environment**, v. 543, Part a, p. 591-600, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.063>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969715310445>. Acesso em: 11 nov. 2024.

APÊNDICE A – DADOS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Ano	Estação	Data de Amostragem	CT (UFC/100 mL)	P (mg/L)	NAT (mg/L)	NORG (mg/L)	OD (mg/L)	pH	SDT (mg/L)	SST (mg/L)	ST (mg/L)	T (°C)	Turbidez (NTU)	Nitrato (mg/L)
2013	JE011	24/01/2013	160000	0,09	0,1	0,77	8,2	6	63	176	239	25,5	240	0,25
2013	JE011	25/04/2013	1700	0,02	0,1		8,5	5,6	27	6	33	23,5	14,3	0,27
2013	JE011	25/07/2013	2300	0,02	0,12	0,27	8,9	7	25	3	28	24	9,14	0,2
2013	JE011	24/10/2013	7900	0,02	0,1		8,6	6,8	37	20	57	25,2	20,1	0,37
2014	JE011	06/02/2014	11000	0,02	0,1	0,3	8,4	6,2	38	41	79	24,6	45,3	0,14
2014	JE011	24/04/2014	7900	0,02	0,22		7,8	6,2	39	13	52	24,8	54,3	0,22
2014	JE011	31/07/2014	985	0,02	0,1	0,26	8,5	6,8	32	2	32	22	14,8	0,28
2014	JE011	23/10/2014	6053	0,02	0,1	0,42	7,9	6,1	25	12	37	22,5	13,1	0,81
2015	JE011	29/01/2015	15531,2	0,03	0,1	0,1	7,3	6,6	44	15	59	24,9	15,4	0,85
2015	JE011	24/04/2015	2612,5	0,04	0,1		7,5	6,7	46	40	86	25,5	17,5	0,36
2015	JE011	30/07/2015	4884,4	0,03	0,17	0,27	8,7	7,5	27	11	38	22,1	11,1	0,27
2015	JE011	29/10/2015	5172	0,06	0,17		8,1	7,9	25	10	35	24,9	17,4	0,29
2016	JE011	28/01/2016	24196	0,45	0,1	0,28	7,6	7,2	84	974	1058	26	1126	0,38
2016	JE011	28/04/2016	754,1	0,04	0,1	0,1	8	6,9	42	15	57	26,1	33,4	0,42
2016	JE011	28/07/2016	1100,4	0,02	0,1	0,2	8,7	6	52	2	54	21,2	30,3	0,48
2016	JE011	27/10/2016	3448	0,03	0,15	0,2	7,7	6,7	43	2	45	24,7	17,9	0,55
2017	JE011	26/01/2017	9208,4	0,05	0,23	0,26	8	6,7	60	11	71	26,2	24	0,36
2017	JE011	27/07/2017	4105,8	0,02	0,1	0,22	9	7,1	33	14	47	21,8	28,5	0,39
2017	JE011	26/10/2017	15531,2	0,02	0,1	0,2	8,3	7	56	9	65	23,6	21,7	0,96
2018	JE011	25/01/2018	4884,4	0,13	0,1	0,13	7,7	6,2	45	17	62	25,3	39,9	0,64

Ano	Estação	Data de Amostragem	CT (UFC/100 mL)	P (mg/L)	NAT (mg/L)	NORG (mg/L)	OD (mg/L)	pH	SDT (mg/L)	SST (mg/L)	ST (mg/L)	T (°C)	Turbidez (NTU)	Nitrato (mg/L)
2018	JE011	26/04/2018	4611,1	0,02	0,2	0,5	8,2	6,3	45	13	58	25,8	29,2	0,4
2018	JE011	02/08/2018	4611,1	0,02	0,15	0,1	8,2	6,7	40	10	50	23,2	25,3	0,51
2018	JE011	25/10/2018	24196	0,02	0,25	0,27	7,6	6,1	43	45	88	23,7	43,6	0,3
2019	JE011	31/01/2019	24196	0,02	0,13	0,2	7,3	6,2	32	20	52	24,7	40,7	1,142
2019	JE011	26/04/2019	8664,4	0,02	0,25	0,38	7,9	6	58	9	67	25,4	31,4	0,25
2019	JE011	26/07/2019	839,2	0,02	0,1	0,35	8,5	6,2	30	5	35	22,3	11,7	0,1
2019	JE011	25/10/2019	17328,9	0,02	0,1	0,13	8,2	5,4	36	34	70	24,3	45,1	0,92
2020	JE011	24/01/2020	19862,9	0,06	0,2	0,25	8,2	5,9	58	64	122	24,7	102	0,57
2020	JE011	13/05/2020	19862,9	0,06	0,12	0,1	8,4	5,6	53	16	69	24	24,4	0,27
2020	JE011	22/07/2020	19862,9	0,09	0,33	0,16	5,9	6,5	44	25	69	17,6	34,4	0,3
2020	JE011	21/10/2020	12996,5	0,07	0,15	0,23	5,5	7,9	29	2	30	23,8	13,8	0,96
2021	JE011	22/01/2021	9208,4	0,02	0,29	0,33	7,6	6	21	8	29	25,1	13,1	0,22
2021	JE011	30/04/2021	2987	0,04	0,1	0,48	8,2	6,2	43	7	50	25,3	16,3	0,54
2021	JE011	23/07/2021	5748	0,04	0,1	0,44	7,8	6,1	25	2	25	22,2	19,6	0,3
2021	JE011	22/10/2021	24196	0,1	0,1	0,1	8,3	6,4	60	63	123	23,4	93,1	0,68
2022	JE011	21/01/2022	17329	0,11	0,1	0,27	7,9	7,6	55	23	78	27	56,4	0,14
2022	JE011	22/04/2022	2014	0,02	0,1	0,32	8,5	6,6	32	13	45	26,3	25,4	0,32
2022	JE011	22/07/2022	526	0,03	0,1	0,2	8,62	6,08	17	34	51	22,4	27,7	0,2
2022	JE011	21/10/2022	3076	0,02	0,45	0,1	8,1	6,5	17	13	30	23	12,1	1,02
2023	JE011	20/01/2023	24196	0,16	0,68	2,89	7,8	6,5	30	1074	1104	24,6	679	0,92
2023	JE011	21/04/2023	6488	0,02	0,21	0,1	7,7	6,7	60	2	62	24,7	19,7	0,26
2023	JE011	24/05/2023		0,02			6,2	8,4	11	14	25	23,2	12,8	0,1
2023	JE011	28/06/2023		0,03			8,2	5,7	41	4	45	22,2	7,44	0,14

Ano	Estação	Data de Amostragem	CT (UFC/100 mL)	P (mg/L)	NAT (mg/L)	NORG (mg/L)	OD (mg/L)	pH	SDT (mg/L)	SST (mg/L)	ST (mg/L)	T (°C)	Turbidez (NTU)	Nitrato (mg/L)
2023	JE011	21/07/2023	24196	0,09	1,79	0,29	8,2	7,2	55	13	68	23,2	8,26	0,18
2023	JE011	31/08/2023		0,02			7,7	6	21	2	23	24,6	8,32	0,15
2023	JE011	27/09/2023		0,1			7,7	5,6	32	16	48	23,9	10,8	0,47
2023	JE011	20/10/2023	29	0,04	0,17	0,1	7,8	6,1	14	2	16	23,9	11,8	0,1
2023	JE011	29/11/2023		0,02			7,8	7,6	20	19	39	24,6	6,9	0,1
2023	JE011	20/12/2023		0,08			7,8	5,7	16	392	408	23,9	325	0,27
2013	JE019	23/01/2013	160000	0,02	0,22	0,82	6,9	5,8	187	1269	1456	29,2	1696	0,31
2013	JE019	24/04/2013	3300	0,02	0,1		8	5,7	44	30	74	24,9	65	0,5
2013	JE019	24/07/2013	4600	0,02	0,17	0,17	8,2	7,4	26	16	42	28	18	0,29
2013	JE019	23/10/2013	35000	0,03	0,14		7,8	7	54	54	108	30,4	115	0,53
2014	JE019	05/02/2014	2300	0,03	0,1	0,1	7,8	6,6	40	50	90	30,6	48,5	0,13
2014	JE019	23/04/2014	54000	0,02	0,1		7,2	6,6	36	34	70	28,9	22,9	0,16
2014	JE019	30/07/2014	6131	0,04	0,1	0,2	8,3	6,1	37	8	45	23,5	19,8	0,22
2014	JE019	22/10/2014	10462	0,02	0,12		7,1	6,4	26	13	39	27,2	12,8	0,7
2015	JE019	28/01/2015	6488,2	0,03	0,1	0,1	6,7	6,9	48	17	65	31,3	30,5	0,64
2015	JE019	23/04/2015	7701	0,03	0,1		7,3	6,8	34	30	64	29,4	22,4	0,3
2015	JE019	29/07/2015	4884,4	0,13	0,18	0,24	8,4	7,7	42	16	58	26,4	12,7	0,22
2015	JE019	29/10/2015	17328	0,02	0,1		7,5	7,3	23	6	29	26,3	13,2	0,36
2016	JE019	28/01/2016	24196	0,15	0,18	0,31	6,2	6	143	1403	1546	24,6	1199	0,69
2016	JE019	28/04/2016	1373,5	0,02	0,11	0,1	7,6	7	45	12	57	27,3	34,1	0,41
2016	JE019	27/07/2016	3441,1	0,02	0,1	0,25	7,9	6,5	38	2	38	25,3	28,3	0,44
2016	JE019	26/10/2016	1354	0,14	0,1	0,19	7,6	7,1	53	34	87	29,6	31,5	0,43
2017	JE019	26/01/2017	24196	0,11	0,13	0,32	7,2	6,7	77	25	102	28	67,6	0,47

Ano	Estação	Data de Amostragem	CT (UFC/100 mL)	P (mg/L)	NAT (mg/L)	NORG (mg/L)	OD (mg/L)	pH	SDT (mg/L)	SST (mg/L)	ST (mg/L)	T (°C)	Turbidez (NTU)	Nitrato (mg/L)
2017	JE019	27/07/2017	4611,1	0,02	0,1	0,13	8,3	7,2	41	22	63	21	47,5	0,5
2017	JE019	25/10/2017	3654	0,02	0,1	0,12	8	7,3	58	15	73	28,4	32,4	0,27
2018	JE019	25/01/2018	6488,2	0,02	0,1	0,17	7,1	6,6	52	18	70	27,7	40,7	0,65
2018	JE019	26/04/2018	8664,4	0,03	0,16	0,3	7,7	6,4	51	20	71	25,9	52,1	0,39
2018	JE019	01/08/2018	2909,3	0,02	0,16	0,34	7,8	7,3	51	9	60	27	34,2	0,31
2018	JE019	24/10/2018	15531,2	0,02	0,1	0,31	7,2	6,3	68	59	127	27,3	117	0,42
2019	JE019	30/01/2019	19862,9	0,02	0,1	0,27	7,1	6,5	42	38	80	29,9	37,7	1,33
2019	JE019	14/05/2019	24196	0,02	0,18	0,23	7,4	6,7	46	13	59	26,4	32,7	0,16
2019	JE019	13/08/2019	1552,5	0,07	0,39	0,47	7,5	6,8	28	7	35	24	14,7	0,27
2019	JE019	05/11/2019	1934,9	0,02	0,1	0,19	7,2	6,5	50	12	62	28,1	40,7	0,59
2020	JE019	04/02/2020	19862,9	0,06	0,1	0,32	7	6,5	59	114	173	29,4	129	0,59
2020	JE019	20/05/2020	24196	0,02	0,13	0,55	8,1	6,7	142	358	500	24,3	515	0,71
2020	JE019	04/08/2020	3441,1	0,03	0,1	0,18	8,8	6,8	34	46	80	20,7	26,4	0,34
2020	JE019	03/11/2020	24196	0,24	0,11	1,19	7,2	6,4	300	803	1103	22,6	1234	0,66
2021	JE019	02/02/2021	4351,7	0,06	0,23	0,46	7,4	6,7	34	20	54	26,5	17,4	0,18
2021	JE019	04/05/2021	3873	0,02	0,1	0,13	8	6,4	25	30	55	24,4	32,8	1,3
2021	JE019	10/08/2021	73	0,03836	0,18	0,1	8,3	6,4	40	2	40	22	20	0,49
2021	JE019	09/11/2021	2420	0,53	0,16	0,61	6,8	3,6	140	1153	1293	25,4	1661	0,49
2022	JE019	01/02/2022	12997	0,15	0,1	0,68	7,4	6,3	57	163	220	27,4	196	0,15
2022	JE019	03/05/2022	2613	0,02	0,1	0,51	7,7	6,7	24	27	51	24,9	26,6	0,32
2022	JE019	02/08/2022	1553	0,04	0,28	0,1	7,9	6,61	26	21	47	22,6	20,3	0,79
2022	JE019	01/11/2022	1553	0,05	0,22	0,1	7,7	6,5	30	11	41	27,1	13,3	0,34
2023	JE019	07/02/2023	1793	0,04	0,14	0,3	7,1	6,3	33	68	101	26,6	52,5	0,43

Ano	Estação	Data de Amostragem	CT (UFC/100 mL)	P (mg/L)	NAT (mg/L)	NORG (mg/L)	OD (mg/L)	pH	SDT (mg/L)	SST (mg/L)	ST (mg/L)	T (°C)	Turbidez (NTU)	Nitrato (mg/L)
2023	JE019	30/04/2023	24196	0,06	0,1	0,19	7,1	6,3	102	536	638	24,6	690	0,34
2023	JE019	24/05/2023		0,17			6,7	8,7	16	71	87	25,7	27,5	0,09
2023	JE019	28/06/2023		0,06			8,1	5,9	33	2	33	23,5	20,6	0,16
2023	JE019	25/07/2023	225	0,03	0,1	0,1	8	6,6	29	5	34	21,2	16,4	0,19
2023	JE019	31/08/2023		0,03			7,3	6,1	15	2	16	27,9	14,5	0,13
2023	JE019	27/09/2023		0,03			7,3	6,1	23	8	31	27,5	16,8	0,15
2023	JE019	24/10/2023	299	0,06	0,1	0,1	7,5	6,6	18	8	26	25,9	10,6	0,36
2023	JE019	29/11/2023		0,02			7,5	7,4	18	18	36	26,7	9,21	0,1
2023	JE019	20/12/2023		0,02			7,9	5,8	13	14	27	25,1	11,6	0,22
2013	JE021	28/01/2013	92000	0,14	0,14	0,96	7,1	6,7	96	361	457	32,5	431	0,23
2013	JE021	30/04/2013	17000	0,02	0,1		8,2	7,1	35	11	46	28,4	26,2	0,22
2013	JE021	30/07/2013	13000	0,03	0,1	0,43	8,7	7,6	50	13	63	27,2	17,7	0,54
2013	JE021	30/10/2013	54000	0,04	0,18		8,5	7	57	15	72	29	65,2	0,44
2014	JE021	11/02/2014	35000	0,04	0,1	0,35	8,1	6,4	46	46	92	29,4	4,17	0,2
2014	JE021	29/04/2014	54000	0,02	0,1		7,8	5,9	32	33	65	26,7	25,8	0,22
2014	JE021	05/08/2014	34480	0,02	0,2	0,37	8,1	7,1	38	6	44	25,2	18,7	0,19
2014	JE021	29/10/2014	5172	0,02	0,19		7,5	5,8	29	13	42	26,6	13,5	0,56
2015	JE021	03/02/2015	1785,3	0,03	0,1	0,1	6,9	7,1	60	7	67	30,8	44	0,56
2015	JE021	29/04/2015	4611,1	0,06	0,1		7,2	7	78	22	100	29,1	86,7	0,47
2015	JE021	04/08/2015	4884,4	0,02	0,1	0,1	8,9	7,9	39	23	62	25,3	11,4	0,28
2015	JE021	04/11/2015	5794	0,03	0,15		8,3	7,7	31	10	41	28,4	9,95	0,28
2016	JE021	03/02/2016	24196	0,13	0,29	0,23	7,2	6,2	118	341	459	28,8	410	0,58
2016	JE021	04/05/2016	650,4	0,02	0,28	0,64	8,2	7,3	37	27	64	26	28,5	0,37

Ano	Estação	Data de Amostragem	CT (UFC/100 mL)	P (mg/L)	NAT (mg/L)	NORG (mg/L)	OD (mg/L)	pH	SDT (mg/L)	SST (mg/L)	ST (mg/L)	T (°C)	Turbidez (NTU)	Nitrato (mg/L)
2016	JE021	03/08/2016	3075,9	0,02	0,1	0,25	8,3	6,3	46	25	71	23,3	22,3	0,59
2016	JE021	02/11/2016	1528,6	0,06	0,1	0,25	8	7,1	78	35	113	25,3	55,1	0,48
2017	JE021	01/02/2017	2755,1	0,04	0,1	0,1	7,6	6,7	72	15	87	28,1	42,6	0,34
2017	JE021	02/08/2017	6131,4	0,02	0,1	0,2	8,9	7,3	28	19	47	22,9	36,9	1,42
2017	JE021	01/11/2017	19862,9	0,02	0,1	0,27	7,4	7,1	49	15	64	27,6	18,9	0,3
2018	JE021	31/01/2018	24196	0,1	0,13	0,5	7,2	6,7	41	11	52	28,7	30,9	0,64
2018	JE021	02/05/2018	3255,4	0,03	0,12	0,24	7,8	6,3	48	17	65	26,6	37,5	0,41
2018	JE021	08/08/2018	7701	0,02	0,11	0,1	7,9	7,2	40	12	52	25	26,1	0,63
2018	JE021	31/10/2018	12996,5	0,05	0,1	0,25	7,6	6,4	54	30	84	26,3	73,1	0,5
2019	JE021	06/02/2019	8664,4	0,02	0,16	0,1	6,9	6,1	43	20	63	29,5	32,4	0,93
2019	JE021	14/05/2019	8164,1	0,03	0,14	0,45	7,6	6,8	52	22	74	28,3	74,4	0,11
2019	JE021	13/08/2019	1980,7	0,05	0,18	0,37	8,2	6,4	27	9	36	26	15,3	0,25
2019	JE021	05/11/2019	3654	0,02	0,1	0,22	7,6	6,8	53	16	69	30,4	67,2	0,66
2020	JE021	04/02/2020	24196	0,04	0,1	0,69	7,3	6,2	80	169	249	30,1	226	0,53
2020	JE021	20/05/2020	24196	0,03	0,1	0,64	7,9	5,8	121	440	561	24,9	409	0,65
2020	JE021	04/08/2020	6488,2	0,03	0,1	0,15	8,8	6,1	52	18	70	22,2	39,1	0,31
2020	JE021	03/11/2020	24196	0,02	0,1	1,03	7,8	6,3	98	112	210	23,2	164	0,67
2021	JE021	02/02/2021	580,6	0,06	0,17	0,78	7	6,9	28	17	45	27,1	23	0,12
2021	JE021	04/05/2021	2909	0,02	0,1	0,23	8,2	6,8	50	8	58	25,2	45,3	1,14
2021	JE021	10/08/2021	41	0,03296	0,17	0,1	8,2	5,9	25	2	25	24,4	27,6	0,34
2021	JE021	09/11/2021	2420	0,44	0,32	0,59	6,8	6,6	148	817	965	28,7	1322	0,55
2022	JE021	01/02/2022	6131	0,16	0,1	0,27	7,4	6,3	44	307	351	30	409	0,13
2022	JE021	03/05/2022	4106	0,02	0,12	0,37	8,1	6,6	36	15	51	27,5	33,5	0,34

Ano	Estação	Data de Amostragem	CT (UFC/100 mL)	P (mg/L)	NAT (mg/L)	NORG (mg/L)	OD (mg/L)	pH	SDT (mg/L)	SST (mg/L)	ST (mg/L)	T (°C)	Turbidez (NTU)	Nitrato (mg/L)
2022	JE021	02/08/2022	3448	0,05	0,15	0,32	8,19	6,22	25	44	69	25,6	35,3	0,9
2022	JE021	01/11/2022	548	0,05	0,1	0,15	8	6,9	27	11	38	29,2	14,8	0,33
2023	JE021	07/02/2023	1414	0,05	0,1	0,33	7,1	6,4	44	85	129	30	74	0,46
2023	JE021	30/04/2023	11199	0,03	0,14	0,24	7,6	6,6	64	100	164	27	158	0,33
2023	JE021	24/05/2023		0,1			6,8	8,3	91	63	154	30,7	32,5	0,14
2023	JE021	28/06/2023		0,02			8,5	6,1	38	5	43	24,5	17,9	0,17
2023	JE021	25/07/2023	1733	0,03	0,1	0,1	8,4	6,3	23	5	28	24,8	14	0,18
2023	JE021	31/08/2023		0,03			7,1	6,2	23	16	39	26	34,2	0,17
2023	JE021	27/09/2023		0,05			7,5	6	24	6	30	29,7	19,9	0,18
2023	JE021	24/10/2023	1986	0,08	0,1	0,1	7,8	6,4	17	9	26	27,9	11,4	0,47
2023	JE021	29/11/2023		0,03			7,7	7,6	15	37	52	29,3	10,5	0,18
2023	JE021	20/12/2023		0,04			7,7	5,8	12	16	28	26,3	16	0,26
2013	JE023	29/01/2013	35000	0,03	0,31	0,86	7,5	6,2	200	196	396	29,2	213	0,23
2013	JE023	01/05/2013	4900	0,02	0,1		8,2	5,9	32	15	47	25,1	30,4	0,59
2013	JE023	31/07/2013	4900	0,02	0,23	0,59	8,9	7	35	3	38	24,2	11,3	0,29
2013	JE023	31/10/2013	4900	0,02	0,1		8,1	7	65	12	77	27,4	54	0,42
2014	JE023	12/02/2014	17000	0,04	0,1	0,26	8	6,5	40	55	95	27,4	39,6	0,16
2014	JE023	30/04/2014	24000	0,02	0,1		7,6	6,4	37	24	61	25	26,8	0,22
2014	JE023	06/08/2014	1500	0,06	0,1	0,59	8,2	7,2	40	2	42	25,6	17,7	0,37
2014	JE023	30/10/2014	4884	0,02	0,3		7,5	6,1	49	16	65	25	42,1	0,62
2015	JE023	04/02/2015	3873,2	0,04	0,1	0,1	7,2	6,8	75	20	95	26,5	72	0,6
2015	JE023	30/04/2015	7701	0,02	0,1		7,4	6,8	48	10	58	26,7	47,9	0,41
2015	JE023	05/08/2015	2035,4	0,04	0,1	0,13	8,4	7,6	41	5	46	23	9,27	0,26

Ano	Estação	Data de Amostragem	CT (UFC/100 mL)	P (mg/L)	NAT (mg/L)	NORG (mg/L)	OD (mg/L)	pH	SDT (mg/L)	SST (mg/L)	ST (mg/L)	T (°C)	Turbidez (NTU)	Nitrato (mg/L)
2015	JE023	04/11/2015	4105	0,04	0,1		8,7	7,8	29	6	35	30,2	8,12	0,16
2016	JE023	03/02/2016	24196	0,02	0,13	1,25	7	7	149	417	566	30	483	0,64
2016	JE023	04/05/2016	1144,6	0,02	0,1	0,22	8,2	7,4	37	30	67	28,1	26,4	0,35
2016	JE023	03/08/2016	2014,2	0,02	0,1	0,2	8,3	6,5	44	7	51	24,5	20,2	0,47
2016	JE023	02/11/2016	1438,7	0,02	0,1	0,1	8	6,7	56	7	63	28,1	23,4	0,37
2017	JE023	01/02/2017	2246,8	0,02	0,1	0,1	7,9	7,3	80	7	87	30,7	57,6	0,34
2017	JE023	02/08/2017	5172,1	0,03	0,14	0,1	8,7	7,1	49	26	75	25,1	33,6	1,3
2017	JE023	01/11/2017	3873,2	0,02	0,1	0,41	7,7	7,3	46	8	54	28	13,5	0,15
2018	JE023	31/01/2018	3255,4	0,1	0,1	0,23	7,3	6,5	45	10	55	28,3	30,6	0,56
2018	JE023	02/05/2018	3654	0,02	0,1	0,24	7,6	6,6	22	42	64	27,5	39,5	0,26
2018	JE023	08/08/2018	2281,8	0,02	0,2	0,11	7,9	6,7	43	12	55	25,5	23	0,53
2018	JE023	31/10/2018	14136,1	0,04	0,11	0,47	7,5	6,4	68	53	121	27,3	98,7	0,51
2019	JE023	06/02/2019	4105,8	0,02	0,12	0,22	7,1	6,4	47	11	58	29,4	34,4	0,81
2019	JE023	15/05/2019	8664,4	0,02	0,19	0,24	7,5	6,3	77	30	107	27,1	80,4	0,4
2019	JE023	14/08/2019	1161,9	0,08	0,3	0,29	7,7	6	41	8	49	24,6	15,5	0,34
2019	JE023	06/11/2019	2142,6	0,05	0,31	0,32	7,5	6,4	71	18	89	27,3	98,4	0,67
2020	JE023	04/02/2020	24196	0,08	0,1	0,6	7,1	6,1	97	104	201	30,8	199	0,66
2020	JE023	20/05/2020	15531,2	0,05	0,1	0,52	8,1	7,3	84	97	181	25	133	0,59
2020	JE023	04/08/2020	7269,9	0,05	0,15	0,15	9	6,5	37	8	45	21,5	49,3	0,3
2020	JE023	04/11/2020	24196	0,02	0,1	0,15	7,8	6,4	98	101	199	22,9	177	0,51
2021	JE023	03/02/2021	3448	0,05	0,1	0,1	7,3	6,3	21	2	21	27,5	26,5	0,13
2021	JE023	05/05/2021	4611	0,02	0,1	0,1	8	6,7	25	32	57	24,5	40,2	1,23
2021	JE023	11/08/2021	204	0,04119	0,1	0,1	8,4	5,7	25	4	29	23,2	23,7	0,47

Ano	Estação	Data de Amostragem	CT (UFC/100 mL)	P (mg/L)	NAT (mg/L)	NORG (mg/L)	OD (mg/L)	pH	SDT (mg/L)	SST (mg/L)	ST (mg/L)	T (°C)	Turbidez (NTU)	Nitrato (mg/L)
2021	JE023	10/11/2021	24196	0,44	0,51	0,49	7,1	6,2	200	566	766	27	1075	1,24
2022	JE023	02/02/2022	5475	0,21	0,1	0,98	7,6	6,1	32	282	314	28,6	351	0,28
2022	JE023	04/05/2022	2310	0,04	0,1	0,25	8	6,4	54	23	77	26,9	30	0,24
2022	JE023	03/08/2022	6131	0,04	0,16	0,25	8,3	6,42	43	26	69	24,5	30,7	0,42
2022	JE023	02/11/2022	517	0,12	0,17	0,26	8	6,6	33	2	35	26,5	15,2	0,42
2023	JE023	08/02/2023	2143	0,07	0,1	0,23	7,2	6,4	43	108	151	25,2	92	0,34
2023	JE023	30/04/2023	9208	0,19	0,1	0,25	7,4	6,6	21	95	116	25,2	109	0,43
2023	JE023	25/05/2023		0,16			6,3	8,1	26	41	67	23,6	29,6	0,17
2023	JE023	28/06/2023		0,03			8,6	5,7	36	2	38	24,9	16,6	0,19
2023	JE023	26/07/2023	219	0,02	0,54	0,1	7,8	6,5	25	2	26	23,6	11,7	0,18
2023	JE023	31/08/2023		0,02			7,4	5,9	20	57	77	26,3	20,3	0,11
2023	JE023	27/09/2023		0,11			7,7	5,8	25	6	31	30,5	15,4	0,14
2023	JE023	25/10/2023	291	0,04	0,1	0,24	7,6	6,5	22	5	27	26,4	11,7	0,45
2023	JE023	29/11/2023		0,04			8	7,8	20	7	27	30,9	8,66	0,1
2023	JE023	20/12/2023		0,03			7,8	5,3	12	12	24	25,7	12,9	0,33
2013	JE025	29/01/2013	92000	0,02	0,13	0,94	7,4	7	420	172	592	32,1	447	0,19
2013	JE025	01/05/2013	3300	0,02	0,1	0,36	8,2	6,7	72	17	89	27,2	66,9	0,72
2013	JE025	31/07/2013	1700	0,02	0,17	0,26	9,6	8,3	33	8	41	27,7	12,9	0,27
2013	JE025	31/10/2013	13000	0,03	0,1	0,55	8,9	7,8	64	25	89	30,1	58	0,28
2014	JE025	12/02/2014	13000	0,81	0,18	0,23	8,3	6,6	50	22	72	31,1	41,6	0,17
2014	JE025	30/04/2014	11000	0,02	0,1	0,23	7,9	6,1	39	21	60	26,1	31,1	0,14
2014	JE025	06/08/2014	1211	0,04	0,1	0,62	8,4	7,1	43	11	54	25,8	14,7	0,26
2014	JE025	30/10/2014	19863	0,03	0,1	0,51	7,7	6,4	35	24	59	26,6	26,6	0,52

Ano	Estação	Data de Amostragem	CT (UFC/100 mL)	P (mg/L)	NAT (mg/L)	NORG (mg/L)	OD (mg/L)	pH	SDT (mg/L)	SST (mg/L)	ST (mg/L)	T (°C)	Turbidez (NTU)	Nitrato (mg/L)
2015	JE025	04/02/2015	5794,3	0,02	0,1	0,1	7,3	7,2	57	10	67	31,1	28,3	0,36
2015	JE025	30/04/2015	24196	0,04	0,1	0,1	7,5	7	102	6	108	26,3	67,1	0,32
2015	JE025	05/08/2015	9803,9	0,05	0,1	0,22	10	8,1	50	9	59	26	5,97	0,21
2015	JE025	05/11/2015	5475	0,02	0,1	0,16	8,9	7,8	24	8	32	29,5	4,97	0,1
2016	JE025	04/02/2016	24196	0,02	0,19	0,61	7,3	6,3	198	250	448	29,8	83,6	0,7
2016	JE025	05/05/2016	862,4	0,02	0,1	0,1	8,4	7,4	37	11	48	29,3	21,9	0,39
2016	JE025	04/08/2016	1144,6	0,02	0,1	0,16	8,7	6,9	58	5	63	25,4	13,2	0,46
2016	JE025	03/11/2016	3448	0,02	0,1	0,12	8,3	7,2	52	28	80	29,8	23,8	0,16
2017	JE025	02/02/2017	1449,7	0,03	0,1	0,14	8,2	7,1	110	27	137	29,9	84,8	0,63
2017	JE025	03/08/2017	4105,8	0,02	0,1	0,31	8,9	7,4	81	7	88	26,1	20,2	1,45
2017	JE025	01/11/2017	14136,1	0,02	0,1	0,1	8,3	7,8	47	8	55	29,1	9,79	0,1
2018	JE025	31/01/2018	24196	0,13	0,1	0,26	7,9	6,7	41	7	48	29	36,2	0,34
2018	JE025	02/05/2018	3255,4	0,04	0,1	0,29	8,1	6,8	63	14	77	28,9	39,2	0,42
2018	JE025	08/08/2018	11198,7	0,02	0,14	0,2	8,1	6,8	30	17	47	26,4	16	0,29
2018	JE025	31/10/2018	24196	0,04	0,1	0,24	7,8	6,2	70	22	92	29,2	75,5	0,47
2019	JE025	06/02/2019	12033,3	0,02	0,12	0,3	7,3	6,6	50	29	79	33,4	40,7	0,94
2019	JE025	15/05/2019	5172,1	0,02	0,22	0,18	8,2	7,2	57	17	74	29,3	34,7	0,05
2019	JE025	14/08/2019	2755,1	0,06	0,14	0,38	7,7	6,5	65	6	71	26,3	12,9	0,23
2019	JE025	06/11/2019	11198,7	0,09	0,55	0,23	7,2	6,7	134	92	226	31,6	230	0,8
2020	JE025	05/02/2020	24196	0,18	0,36	0,52	7	6,2	137	141	278	30,1	326	0,82
2020	JE025	20/05/2020	11198,7	0,03	0,1	0,26	8,5	6,7	38	22	60	26,5	29,8	0,53
2020	JE025	04/08/2020	7701	0,04	0,27	0,17	9	6,2	45	36	81	22,9	39,6	0,31
2021	JE025	03/02/2021	2246,8	0,05	0,1	0,1	8	6,7	31	2	33	29,8	22,2	0,08

Ano	Estação	Data de Amostragem	CT (UFC/100 mL)	P (mg/L)	NAT (mg/L)	NORG (mg/L)	OD (mg/L)	pH	SDT (mg/L)	SST (mg/L)	ST (mg/L)	T (°C)	Turbidez (NTU)	Nitrato (mg/L)
2021	JE025	05/05/2021	2723	0,04	0,1	0,11	8,4	7	44	14	58	27	45	1,24
2021	JE025	11/08/2021	30	0,03683	0,1	0,1	8,2	5,3	32	2	32	25,5	23,4	0,43
2021	JE025	10/11/2021	24196	0,22	0,22	0,75	6,5	6,5	204	161	365	29	457	1,07
2022	JE025	02/02/2022	14136	0,13	0,1	0,61	7,3	7,3	92	98	190	34,5	139	0,33
2022	JE025	04/05/2022	1553,1	0,03	0,1	0,48	8,5	6,9	69	5	74	31,1	28,9	0,21
2022	JE025	03/08/2022	4352	0,04	0,29	0,2	8,4	6,5	53	38	91	27,6	30,4	0,5
2022	JE025	02/11/2022	2613	0,06	0,34	0,58	8,6	6,8	39	2	40	29,6	20,3	0,2
2023	JE025	08/02/2023	1986	0,05	0,1	0,34	7,2	6,6	72	57	129	31,5	69,8	0,3
2023	JE025	30/04/2023	583	0,02	0,14	0,17	8,3	7,1	134	26	160	28,6	37,2	0,24
2023	JE025	25/05/2023		0,02			6,8	8,3	31	46	77	25,4	25,3	0,17
2023	JE025	29/06/2023		0,04			7,9	6,3	38	17	55	23,7	11,5	0,17
2023	JE025	26/07/2023	214	0,11	0,1	0,34	8,8	6,6	60	2	62	25,3	8,43	0,16
2023	JE025	31/08/2023		0,02			7,5	6,3	60	42	102	26,4	17	0,2
2023	JE025	28/09/2023		0,02			7,1	6,1	34	14	48	27,4	11,4	0,61
2023	JE025	25/10/2023	261	0,1	0,1	0,1	8,5	6,6	30	3	33	29,9	13,2	0,41
2023	JE025	30/11/2023		0,02			9	8,8	20	24	44	24,7	9,8	0,1
2023	JE025	21/12/2023		0,02			7,4	5,6	21	3	24	25,9	8,65	0,23
2015	JE028	03/11/2015	2281	0,02	0,16	0,41	8,1	7,9	24	25	49	29,3	12,7	0,44
2016	JE028	02/02/2016	24196	0,19	0,14	0,13	7	7,7	116	479	595	30,8	394	0,5
2016	JE028	03/05/2016	1036,4	0,47	0,1	0,3	8	6,8	47	21	68	26,2	31,3	0,44
2016	JE028	02/08/2016	3255,4	0,02	0,1	0,23	8,2	6,2	46	14	60	24,1	27,2	0,79
2016	JE028	01/11/2016	6866,7	0,05	0,1	0,16	7,9	7	38	54	92	26,8	58	0,79
2017	JE028	31/01/2017	4351,7	0,05	0,1	0,25	7,6	6,8	70	19	89	29,9	41,6	0,33

Ano	Estação	Data de Amostragem	CT (UFC/100 mL)	P (mg/L)	NAT (mg/L)	NORG (mg/L)	OD (mg/L)	pH	SDT (mg/L)	SST (mg/L)	ST (mg/L)	T (°C)	Turbidez (NTU)	Nitrato (mg/L)
2017	JE028	01/08/2017	5172,1	0,13	0,1	0,32	8,5	7,1	62	19	81	23,6	51,6	0,77
2017	JE028	31/10/2017	15531,2	0,04	0,11	0,44	8,2	7,6	60	23	83	30	25,1	0,24
2018	JE028	30/01/2018	9803,9	0,11	0,26	0,3	8,1	6,8	43	23	66	33,6	27,8	0,5
2018	JE028	01/05/2018	3448	0,02	0,1	0,31	8	6,5	42	26	68	28,4	47,9	0,67
2018	JE028	07/08/2018	9208,4	0,02	0,21	0,24	8,4	7,3	44	10	54	28,1	31,7	0,9
2018	JE028	30/10/2018	24196	0,05	0,1	0,59	7,2	6,4	87	87	174	27,1	180	0,63
2019	JE028	05/02/2019	24196	0,03	2,84	0,22	6,7	6,4	97	28	125	35,4	23,7	0,72
2019	JE028	14/05/2019	24195,7	0,03	0,18	0,1	8,2	6,6	59	25	84	27,7	44,7	0,12
2020	JE028	04/02/2020	24196	0,05	0,1	0,55	7,1	6,2	71	137	208	29,7	163	0,58
2020	JE028	20/05/2020	24196	0,1	0,1	0,42	7,9	5,9	60	226	286	24,3	151	0,67
2020	JE028	04/08/2020												
2020	JE028	03/11/2020	24196	0,04	0,19	0,64	7,5	6,5	335	183	518	22,4	449	0,9
2021	JE028	10/08/2021	75	0,0447	0,16	0,1	8	6,1	28	8	36	22,9	17,9	0,36
2021	JE028	09/11/2021	2420	0,41	0,68	0,46	6,8	6,7	221	963	1184	27,6	1385	0,94
2022	JE028	02/08/2022	2098	0,04	0,1	0,29	8,08	6,27	32	16	48	24,7	25,1	0,27
2022	JE028	01/11/2022	548	0,02	0,29	0,42	7,7	6,6	24	7	31	28,8	15,7	0,27
2023	JE028	07/02/2023	24196	0,05	0,12	0,22	7,2	6,4	47	101	148	30	66,1	0,5
2023	JE028	24/05/2023		0,09			6,6	7,9	6	92	98	25,8	34,4	0,12
2023	JE028	28/06/2023		0,03			8,3	5,7	40	6	46	23,5	16,9	0,17
2023	JE028	25/07/2023	1733	0,06	0,1	0,1	8,2	6,4	20	5	25	22,4	21,3	0,2
2023	JE028	31/08/2023		0,02			7,5	6	18	2	18	27	17,2	0,21
2023	JE028	27/09/2023		0,13			7,5	6,1	13	28	41	28,6	17,4	0,68
2023	JE028	24/10/2023	1553	0,04	0,1	0,24	7,6	6,6	63	7	70	26,8	10,4	0,43

Ano	Estação	Data de Amostragem	CT (UFC/100 mL)	P (mg/L)	NAT (mg/L)	NORG (mg/L)	OD (mg/L)	pH	SDT (mg/L)	SST (mg/L)	ST (mg/L)	T (°C)	Turbidez (NTU)	Nitrato (mg/L)
2023	JE028	29/11/2023		0,03			7,4	7,5	15	40	55	28,2	12,3	0,33
2023	JE028	20/12/2023		0,05			7,7	5,2	13	41	54	25,4	59,1	0,45
2019	JE045	28/03/2019	24196	0,02	0,1	0,37	7,3	6,1	140	249	389	30,6	378	0,2
2019	JE045	14/05/2019	14136,1	0,02	0,1	0,25	7,4	6,4	71	2	73	27,1	47,4	0,09
2019	JE045	13/08/2019	880,3	0,07	0,29	0,41	7,9	6,4	28	13	41	24,8	17,8	0,25
2019	JE045	05/11/2019	1955,9	0,02	0,17	0,64	7,6	6,7	60	18	78	29,2	61,7	0,68
2020	JE045	04/02/2020	24196	0,02	0,1	0,28	7,1	6,2	66	104	170	29,9	143	0,5
2020	JE045	20/05/2020	24196	0,09	0,1	0,45	7,8	5,8	102	222	324	25,4	194	0,35
2020	JE045	04/08/2020	5794,3	0,02	0,49	0,16	8,7	5,8	40	26	66	20,8	31,3	0,34
2020	JE045	03/11/2020	24196	0,03	0,1	0,78	7,4	6,3	134	161	295	23	302	0,78
2021	JE045	02/02/2021	2187,2	0,04	0,13	0,63	7,7	6,4	25	2	25	27	19,3	0,19
2021	JE045	04/05/2021	3448	0,09	0,1	0,28	8	6,4	41	2	43	24,8	41	0,56
2021	JE045	10/08/2021	2755	0,03075	0,18	0,1	8,1	6,1	25	2	25	23,9	17,9	0,34
2021	JE045	09/11/2021	2420	0,44	0,38	0,96	6,5	6,5	150	754	904	28,3	1364	0,72
2022	JE045	01/02/2022	17329	0,25	0,3	0,33	7,2	6,7	91	778	869	25	663	0,1
2022	JE045	03/05/2022	3448	0,02	0,1	0,45	8,1	6,6	30	24	54	28,9	30	0,32
2022	JE045	02/08/2022	2420	0,05	0,33	0,37	7,9	6,36	28	11	39	25,7	20,9	0,18
2022	JE045	01/11/2022	345	0,02	0,1	0,21	7,8	6,5	29	2	31	29,1	16,3	0,32
2023	JE045	07/02/2023	3448	0,04	0,1	0,32	6,8	6,8	43	75	118	31,6	64,6	0,43
2023	JE045	30/04/2023	3873	0,04	0,1	0,12	7,3	6,6	30	103	133	26,5	128	0,31
2023	JE045	24/05/2023		0,17			6,6	8,3	71	11	82	26,5	31,5	0,12
2023	JE045	28/06/2023		0,2			8,2	6,8	35	5	40	24,6	17,3	0,17
2023	JE045	25/07/2023	62	0,03	0,1	0,1	8,1	6,3	19	15	34	24,2	15,8	0,23

Ano	Estação	Data de Amostragem	CT (UFC/100 mL)	P (mg/L)	NAT (mg/L)	NORG (mg/L)	OD (mg/L)	pH	SDT (mg/L)	SST (mg/L)	ST (mg/L)	T (°C)	Turbidez (NTU)	Nitrato (mg/L)
2023	JE045	31/08/2023		0,07			7,5	6,1	18	2	20	27,8	16,1	0,17
2023	JE045	27/09/2023		0,03			7,5	6,2	15	18	33	30,3	15,5	0,18
2023	JE045	24/10/2023	299	0,06	0,1	0,21	7,7	6,4	24	13	37	27,9	9,91	0,21
2023	JE045	29/11/2023		0,03			7,7	7,4	16	22	38	29,4	9,89	0,5
2023	JE045	20/12/2023		0,03			7,9	5,4	13	36	49	26,6	30,8	0,33
2019	JE049	06/02/2019	8664,4	0,02	0,34	0,27	7	6,3	51	22	73	30,2	40,3	0,81
2019	JE049	15/05/2019	17328,9	0,03	0,36	0,12	7,2	6,5	67	10	77	28,6	35,4	0,17
2019	JE049	14/08/2019	676,6	0,15	0,1	0,69	7,6	6,3	32	13	45	24,9	11,8	0,34
2019	JE049	06/11/2019	3654	0,07	0,1	0,27	7,6	6,9	85	35	120	28,5	147	0,68
2020	JE049	05/02/2020	24196	0,09	0,1	0,44	7,3	6,1	124	104	228	31,1	224	0,77
2020	JE049	20/05/2020	24196	0,03	0,1	0,1	8,2	6,4	66	37	103	25,7	45,6	0,51
2020	JE049	04/08/2020	9803,9	0,07	0,11	0,1	8,8	6,4	25	41	66	22,2	42,9	0,31
2020	JE049	04/11/2020	24196	0,07	0,1	0,21	7,8	6,3	30	181	211	23,7	175	0,52
2021	JE049	03/02/2021	1016,8	0,03	0,1	0,22	7,7	6,6	29	2	29	28,1	16,7	0,11
2021	JE049	05/05/2021	4106	0,09	0,1	0,1	8,2	6,7	33	12	45	25,3	41,4	1,22
2021	JE049	11/08/2021	152	0,05705	0,1	0,1	8,2	5,4	30	14	44	24,1	21,8	0,46
2021	JE049	10/11/2021	2420	0,37	0,22	1,17	6,8	6,6	228	546	774	27,8	1146	1,07
2022	JE049	02/02/2022	4352	0,13	0,1	0,5	7,5	6,3	46	154	200	30	203	0,35
2022	JE049	04/05/2022	1733	0,03	0,1	0,3	8	6,5	58	29	87	28,1	31	0,19
2022	JE049	03/08/2022	2420	0,04	0,3	0,31	8,24	6,58	42	32	74	25	16	0,53
2022	JE049	02/11/2022	1935	0,19	0,1	0,34	8,1	6,8	20	5	25	27	16,9	0,22
2023	JE049	08/02/2023	2909	0,07	0,1	0,26	7,3	6,7	61	68	129	30,3	82,6	0,38
2023	JE049	30/04/2023	12033	0,14	0,18	0,24	7,5	6,8	61	36	97	26,6	69,4	0,28

Ano	Estação	Data de Amostragem	CT (UFC/100 mL)	P (mg/L)	NAT (mg/L)	NORG (mg/L)	OD (mg/L)	pH	SDT (mg/L)	SST (mg/L)	ST (mg/L)	T (°C)	Turbidez (NTU)	Nitrato (mg/L)
2023	JE049	25/05/2023		0,19			6,5	8	55	21	76	21,8	32	0,16
2023	JE049	29/06/2023		0,03			7,9	6,1	30	30	60	23,1	15,7	0,16
2023	JE049	26/07/2023	461	0,05	0,15	0,33	8,1	6,3	28	2	28	22,8	10,2	0,16
2023	JE049	31/08/2023		0,08			7,4	6,1	29	21	50	26,4	4,43	0,11
2023	JE049	28/09/2023		0,02			7,2	6,1	26	4	30	27,1	14	0,14
2023	JE049	25/10/2023	1733	0,06	0,1	0,1	7,8	6,4	20	2	22	29	15,9	0,29
2023	JE049	30/11/2023		0,05			7,9	7,8	20	7	27	24,2	28,4	0,21
2023	JE049	21/12/2023		0,02			7,7	5,6	14	12	26	25,1	10,8	0,38

CT = Coliformes totais, P = fósforo, NAT = nitrogênio amoniacal total, OD = oxigênio dissolvido, pH = potencial hidrogênico, SDT = sólidos dissolvidos totais, SST= sólidos suspensos totais, ST = sólidos totais, T = temperatura

Fonte: Elaborado pela Autora (2025) segundo IGAM (2024?)