

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA
MESTRADO EM AMBIENTE CONSTRUÍDO

Juliana Nazareth de Lana

Correlacionando a qualidade da água com o uso e a cobertura da terra: um estudo da
Bacia de Contribuição da Represa Doutor João Penido, Juiz de Fora (MG)

Juiz de Fora

2020

Juliana Nazareth de Lana

Correlacionando a qualidade da água com o uso e a cobertura da terra: um estudo da
Bacia de Contribuição da Represa Doutor João Penido, Juiz de Fora (MG)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído, da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído.

Orientador: Prof. Dr. César Henrique Barra Rocha

Coorientador: Prof. Dr. Márcio de Oliveira

Juiz de Fora

2020

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Narazeth de Lana, Juliana.

Correlacionando a qualidade da água com o uso e a cobertura da terra : um estudo da Bacia de Contribuição da Represa Doutor João Penido, Juiz de Fora (MG) / Juliana Narazeth de Lana. -- 2020.

114 f. : il.

Orientador: César Henrique Barra Rocha

Coorientador: Márcio de Oliveira

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído, 2020.

1. Monitoramento Ambiental. 2. Impacto Ambiental. 3. Recursos Hídricos. I. Barra Rocha, César Henrique, orient. II. de Oliveira, Márcio, coorient. III. Título.

Juliana Nazareth de Lana

**Correlacionando a qualidade da água com o uso e a cobertura da terra: um estudo da
Bacia de Contribuição da Represa Doutor João Penido, Juiz de Fora (MG)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído, da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído.

Aprovada em 28 de setembro de 2020.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. César Henrique Barra Rocha – Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof. Dr. Márcio de Oliveira – Coorientador
Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof. Dr. Pedro José de Oliveira Machado
Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof. Dr. Christian Ricardo Ribeiro
Instituto Doctum de Educação e Tecnologia

AGRADECIMENTOS

Sou grata a tantos por terem me apoiado no desenvolvimento desta dissertação.

Agradeço primeiramente a Deus pela saúde, força e bênçãos em minha vida.

Ao meu orientador Cézar Henrique Barra Rocha e ao meu coorientador Márcio de Oliveira, por compartilharem seus conhecimentos, pela orientação, atenção, compreensão e direcionamento.

Aos professores Pedro José de Oliveira Machado e Christian Ricardo Ribeiro, por se juntarem a nós e comporem a banca examinadora, dispostos a contribuir com o trabalho.

Aos integrantes do NAGEA por toda a colaboração e suporte dados à pesquisa durante o período de desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço à Universidade Federal de Juiz de Fora e ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

Aos meus pais, Carlos Henrique e Cristina e aos meus irmãos Bruno e Gabriel pelo incentivo, amor, apoio e carinho nesse período para concluir esta etapa, e em todos os momentos da minha vida.

Aos meus familiares e meus amigos, por me dar força e coragem. Aos amigos e colegas de trabalho da Proinfra, pelo aprendizado constante.

Sou grata também a todos aqueles que de uma forma ou de outra contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Por fim, agradeço àquele que partiu durante essa caminhada, meu bem Wilson, pela oportunidade de convívio diário e pelo exemplo de profissionalismo, a quem dedico este trabalho.

RESUMO

Esta pesquisa apresenta um estudo da qualidade da água na bacia de um dos mais importantes mananciais de abastecimento público da cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais. Objetivou-se analisar o comportamento dos parâmetros limnológicos no espaço e nas estações seca e chuvosa, bem como a correlação com as formas de uso e cobertura da terra na área da bacia de contribuição da represa Doutor João Penido (BCRJP). A metodologia se fundamentou na análise de parâmetros de qualidade da água, relativa a coletas de água realizadas em seis pontos amostrais distribuídos entre uma nascente, médio curso, exutórios dos principais tributários na represa e o ponto de captação no período entre os anos 2012 a 2015 e 2019 a 2020. Os parâmetros analisados foram turbidez, sólidos totais (ST), oxigênio consumido (OC), oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica, nitrogênio total (NT), fósforo total (FT), *E. Coli*, temperatura, pH e sólidos dissolvidos totais (SDT). Utilizou-se o teste Kruskal-Wallis para comparar os resultados das leituras entre os pontos amostrais e entre estações do ano. O teste Tau de Kendall foi utilizado para analisar as correlações entre os resultados dos parâmetros e as porcentagens das classes de uso e cobertura da terra na BCRJP. Os resultados de cada parâmetro foram comparados com os limites estabelecidos pela legislação vigente Resolução Conama nº 357/2005 para as águas da Classe 1, sendo que 80,11% das leituras de OD estavam em desacordo com a Resolução. Os parâmetros OD, OC e NT apresentaram diferença por localização, e os parâmetros turbidez, ST e OD variaram por estações do ano. Em geral, as leituras dos parâmetros foram melhores na nascente e na captação, mostrando uma pior qualidade da água ao longo dos tributários e o poder de diluição da represa. As correlações apontaram a necessidade de se proteger e preservar a vegetação arbórea em locais estratégicos, para garantir água de boa qualidade.

Palavras-chave: Monitoramento Ambiental. Impacto Ambiental. Recursos Hídricos.

ABSTRACT

This research presents a study of water quality in the basin of one of the most important public supply water source of Juiz de Fora, Minas Gerais. The main objective of this study was to analyze the behavior of limnological parameters in space and in the dry and rainy seasons, as well as the correlation with usage and land cover of the contribution basin of the Doutor João Penido dam (BCRJP). The methodology was based on the analysis of water quality parameters, relative to water samples taken from 2012 to 2015 and from 2019 to 2020. Six sampling points chosen from different locations: spring, medium course, main tributaries in the dam and the dam catchment. The parameters analyzed were turbidity, total solids (ST), oxygen consumed (OC), dissolved oxygen (OD), electrical conductivity, total nitrogen (NT), total phosphorus (FT), *E. Coli*, temperature, pH and total dissolved solids (SDT). The Kruskal-Wallis test was used to compare the measured results between sampling points and stations. The Kendall's tau test was used to analyze the correlations between parameters of water quality, land use, and land cover in the BCRJP. The results of each parameter were compared with the limits established by the current legislation Conama Resolution 357/2005 for Class 1 waters. The OD, OC and NT parameters differed by location; the turbidity, ST and OD varied by season. Final results shown that 80.11% of the OD readings were in disagreement with the Resolution. In general, measured parameters showed better results in spring and in dam catchment, showing a worse quality of the water along the tributaries and the dilution power of the dam. The correlations pointed to the need of protection and preservation of forests in strategic locations to ensure good quality water.

Keywords: Environmental Monitoring. Environmental impact. Water resources.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Mapa de localização da bacia de contribuição da represa Dr. João Penido, Juiz de Fora – MG.....	43
Figura 2 –	Principais tributários da BCRJP e pontos de amostragem, Juiz de Fora – MG.....	45
Figura 3 –	Fotografia do P1.....	46
Figura 4 –	Fotografia do P2.....	47
Figura 5 –	Fotografia do P3 evidenciando bueiro duplo sob a Rodovia AMG-3085.....	47
Figura 6 –	Fotografia do P4 evidenciando sua proximidade com a Rodovia AMG-3085.....	48
Figura 7 –	Fotografia do P5 evidenciando a presença de <i>Typha domingensis</i> (taboa).....	49
Figura 8 –	Fotografia do P6 evidenciando a captação em 2020.....	49
Figura 9 –	Mapa de uso e cobertura da terra da BCRJP – 2013.....	58
Figura 10 –	Canaleta destinada ao escoamento de água e outros produtos, sem caixa coletora.....	63
Figura 11 –	Análise de Agrupamentos das variáveis de qualidade da água – dendograma.....	64
Figura 12 –	Turbidez: boxplot por ponto.....	69
Figura 13 –	Turbidez: média seca e chuva por ponto.....	69
Figura 14 –	Sólidos totais: boxplot por ponto.....	70
Figura 15 –	Sólidos totais: média seca e chuva por ponto.....	71
Figura 16 –	Oxigênio consumido: boxplot por ponto.....	72
Figura 17 –	Oxigênio consumido: média seca e chuva por ponto.....	73
Figura 18 –	Oxigênio dissolvido: boxplots por ponto.....	75
Figura 19 –	Oxigênio dissolvido: média seca e chuva por ponto.....	75
Figura 20 –	Nitrogênio total: boxplot por ponto.....	77
Figura 21 –	Nitrogênio total: média seca e chuva por ponto.....	77
Figura 22 –	Fósforo total: boxplot por ponto.....	79
Figura 23 –	Fósforo total: média seca e chuva por ponto.....	80
Figura 24 –	Condutividade elétrica: boxplot por ponto.....	81

Figura 25 – Condutividade elétrica: média seca e chuva por ponto.....	81
Figura 26 – E. Coli: boxplot por ponto.....	83
Figura 27 – E. Coli: média seca e chuva por ponto.....	83
Figura 28 – Mapa de uso e cobertura da terra – 2019.....	89
Figura 29 – Resultado das leituras de temperatura.....	92
Figura 30 – Resultado das leituras de pH.....	93
Figura 31 – Resultado das leituras de OD.....	94
Figura 32 – Fotografia do P3 em 11/02/2020 e do P5 em 10/03/2020 evidenciando a presença de <i>Typha domingensis</i> (taboa).....	95
Figura 33 – Resultado das leituras de condutividade elétrica.....	96
Figura 34 – Resultado das leituras de turbidez.....	96
Figura 35 – Fotografia do P1 em 11/02/2020, evidenciando a presença de chuva.....	97
Figura 36 – Resultado das leituras de sólidos dissolvidos totais.....	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros de qualidade da água da BCRJP – 2012 a 2015 – Dados fornecidos pelo Nagea.....	50
Tabela 2 – Data e horário de coleta por ponto de amostragem.....	52
Tabela 3 – Classes de uso e cobertura da terra na BCRJP – área absoluta e percentual – 2013.....	59
Tabela 4 – Sub bacias dos pontos amostrais – área absoluta e percentual.....	60
Tabela 5 – Área em km ² e em % de cada classe de uso e cobertura da terra nas sub bacias de cada ponto amostral.....	61
Tabela 6 – Estatística descritiva dos parâmetros da água entre 2012 e 2015.....	67
Tabela 7 – Tau de Kendall correlacionando os parâmetros de qualidade da água com o uso e cobertura da terra na BCRJP.....	84
Tabela 8 – Classes de uso e cobertura da terra na BCRJP – área absoluta e percentual – 2019.....	90
Tabela 9 – Variação percentual e de área absoluta das classes de uso e cobertura da terra na BCRJP – 2013 a 2019.....	90

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Resumo da caracterização da bacia estudada à luz dos dispositivos legais e normativos.....	22
Quadro 2 –	Síntese das pesquisas relacionadas à represa, abordadas na presente pesquisa.....	39
Quadro 3 –	Características do manancial.....	43
Quadro 4 –	Pontos de amostragem na BCRJP – Coordenadas no sistema UTM, datum SIRGAS2000, zona 23K.....	44
Quadro 5 –	Parâmetros de qualidade da água por equipamento.....	51
Quadro 6 –	Ocorrência ou não de chuvas por data de amostragem.....	52
Quadro 7 –	Classes de uso e cobertura da terra.....	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APP	Área de Preservação Permanente
BCRJP	Bacia de contribuição da Represa de São Pedro
CESAMA	Companhia de Saneamento Municipal
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM	Conselho de Política Ambiental
Cond	Condutividade elétrica
DEER	Departamento de edificações e estradas de rodagem
DBO _{5,20}	Demanda bioquímica de oxigênio
DQO	Demanda química de oxigênio
<i>E. Coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
ETA	Estação de tratamento de água
FT	Fósforo total
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICE	Índice de Conformidade ao Enquadramento
IET	Índice de estado trófico
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IQA	Índice de Qualidade das Águas
LADINAA	Laboratório Dinâmico de Análise Ambiental
LEA	Laboratório de Ecologia Aquática
LIDAR	Light Detection And Ranging
mg/L	Miligrama por litro
µg/L	micrograma por litro
MG	Minas Gerais
NAGEA	Núcleo de Análise Geo Ambiental
NT	Nitrogênio total
OC	Oxigênio consumido
OD	Oxigênio dissolvido
pH	Potencial hidrogeniônico

SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
SIRGAS2000	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SPC	Condutividade específica
ST	Sólidos totais
Temp	Temperatura
Tur	Turbidez
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora
UNT	Unidades Nefelométricas de turbidez
URC/ZM	Unidade Regional Colegiada Zona da Mata
WGS 84	World Geodetic System 1984

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	OBJETIVOS.....	18
2.1	OBJETIVO GERAL.....	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
3.1	LEGISLAÇÃO SOBRE AS ÁGUAS.....	19
3.2	PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	23
3.2.1	Série de sólidos	23
3.2.2	Condutividade Elétrica.....	24
3.2.3	Oxigênio Dissolvido (OD).....	25
3.2.4	Oxigênio Consumido (OC)	26
3.2.5	Nitrogênio Total (NT).....	26
3.2.6	Fósforo Total (FT).....	27
3.2.7	<i>Escherichia coli (E. Coli)</i>	28
3.2.8	Temperatura.....	28
3.2.9	Potencial Hidrogeniônico (pH)	29
3.2.10	Turbidez.....	29
3.3	QUALIDADE DA ÁGUA E USO E COBERTURA DA TERRA.....	30
3.4	QUALIDADE DA ÁGUA DA REPRESA DR. JOÃO PENIDO.....	35
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	41
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	42
4.2	PONTOS DE AMOSTRAGEM.....	44
4.3	DADOS SOBRE QUALIDADE DA ÁGUA DA BCRJP.....	50
4.4	USO E COBERTURA DA TERRA NA BCRJP.....	52
4.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	55
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	57
5.1	USO E COBERTURA DA TERRA NA BCRJP.....	57
5.2	SELEÇÃO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	63
5.3	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DOS PARÂMETROS SELECIONADOS: QUALIDADE DA ÁGUA NA BCRJP.....	66
5.3.1	Turbidez.....	68

5.3.2	Sólidos totais (ST)	70
5.3.3	Oxigênio consumido (OC)	71
5.3.4	Oxigênio dissolvido (OD)	73
5.3.5	Nitrogênio total (NT)	76
5.3.6	Fósforo total (FT)	78
5.3.7	Condutividade elétrica	80
5.3.8	<i>E. Coli</i>	82
5.4	CORRELAÇÕES ENTRE USO E COBERTURA DA TERRA NA BCRJP E OS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA	84
5.5	QUALIDADE DA ÁGUA E USO E COBERTURA DA TERRA NA BCRJP EM 2019	87
5.5.1	Uso e cobertura da terra na BCRJP em 2019	88
5.5.2	Dados relativos à qualidade da água obtidos pela sonda multiparamétrica	91
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	100
7	RECOMENDAÇÕES	103
7.1	PROTEÇÃO DAS APPS	103
7.2	CONTROLE DO LANÇAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS	104
7.3	MANUTENÇÃO DOS BUEIROS E/OU PONTILHÃO	104
7.4	CONTROLE DO CRESCIMENTO DAS OCUPAÇÕES	104
	REFERÊNCIAS	106

1 INTRODUÇÃO

A água doce é um recurso natural indispensável e insubstituível, constituindo-se em um elemento básico para o desenvolvimento de todas as formas de vida do planeta (REBOUÇAS *et al.*, 2006). Neste sentido, a garantia da qualidade, quantidade e acessibilidade dos recursos hídricos é de suma importância, especialmente tendo em vista que a utilização destes para fins de consumo humano e de dessedentação de animais é prioritário, como assegurado pela Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997).

Ainda sobre a relevância da água doce, os lagos naturais são um recurso hídrico vital, constituindo um componente rico e essencial da natureza, além de proporcionar uma variedade de benefícios para os seres humanos (ILEC, 2007). Contudo, este recurso nem sempre se encontra em locais de fácil acesso para extração e utilização, o que desencadeia o ser humano sentir a necessidade de represar grandes quantidades de água próximas às suas cidades. O aumento da demanda de água doce em virtude do aumento populacional e da distribuição irregular entre habitação humana e recursos hídricos fez com que houvesse o armazenamento de água em muitas partes do planeta (STRAŠKRABA; TUNDISI, 2013).

Conforme apontam Rebouças *et al.* (2006), as represas são criadas para um determinado uso primário, o que tem uma influência fundamental em sua morfologia, morfometria e na limnologia. Porém, muitos reservatórios, após o uso primário, passaram a ter múltiplos usos, o que acarreta um mecanismo de gerenciamento mais complexo.

É necessário um conjunto de informações detalhadas para o gerenciamento de reservatórios, visto que os padrões de águas potáveis de abastecimento a serem atendidos são bastante rigorosos. A qualidade da água é controlada pela interação de fatores naturais e antropogênicos em uma série de escalas temporais e espaciais. Entre esses fatores antropogênicos, mudanças na cobertura da terra, por exemplo, podem afetar a qualidade de um curso d'água. O tipo de uso da terra e a cobertura vegetal exercem um efeito marcante sobre a carga de nutrientes aduzidas ao reservatório (RODRIGUES *et al.*, 2018; STRAŠKRABA; TUNDISI, 2013).

A forma de uso e cobertura da terra influencia a qualidade da água (MELLO *et al.*, 2018). Compreender a relação entre eles é necessário tanto para uma gestão eficaz dos recursos hídricos quanto para identificar as principais ameaças à qualidade da água. Assim, fatores como uso da terra, estação do ano e qualidade da água podem ser usados para diagnosticar as áreas mais críticas e para propor medidas a fim de minimizar as cargas de poluentes. O estudo limnológico e ecológico de reservatórios consiste em uma base fundamental de gerenciamento

e exploração sustentada para seus usos múltiplos. O monitoramento da qualidade das águas é, portanto, uma ferramenta fundamental para subsidiar ações de controle da qualidade dos mananciais, para auxiliar na tomada de decisões, e é necessário para uma gestão adequada deste recurso visando assegurar sua disponibilidade (CARNEIRO; ANDREOLI, 2005; ROCHA *et al.*, 2014).

Os recursos hídricos têm forte demanda em grandes centros urbanos com elevada densidade populacional. Eles são, em muitos casos, atingidos pela poluição, o que pode gerar, conseqüentemente, uma piora considerável na qualidade da água (ANA, 2010). Machado (2012) afirma que em Juiz de Fora, onde a rápida expansão da malha urbana se dá em muitos casos, na direção das áreas dos mananciais de abastecimento público da cidade, a situação da utilização indevida dos recursos hídricos, a falta de planejamento e gestão inadequada é bem evidente, o que gera graves problemas nos mananciais de abastecimento público.

Nesse cenário se insere o objeto da pesquisa, a análise do comportamento de parâmetros de qualidade das águas superficiais de manancial de abastecimento público e da relação destes com o uso e a cobertura da terra na bacia de contribuição do reservatório. O recorte espacial da pesquisa é a bacia de contribuição da represa Doutor João Penido (BCRJP) e a represa em si, localizada no município de Juiz de Fora.

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. Compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório (TUCCI, 1997). Bacia de contribuição é um conceito adaptado, em que só se considera as águas que escoam até uma barragem, que é uma barreira artificial, construída pelo homem a fim de reter grandes quantidades de água.

Com o objetivo de conhecer os efeitos que o uso da terra causa na qualidade das águas, estudos estão sendo feitos por meio de diferentes técnicas (BOSTANMANESHRAZ *et al.*, 2018; XU *et al.*, 2019; MENESES *et al.*, 2016; RODRIGUES *et al.*, 2018; MARMONTEL *et al.*, 2018). Rocha *et al.* (2016), avaliaram o impacto das atividades do Campus da Universidade Federal de Juiz de Fora na qualidade da água da bacia de contribuição do Lago dos Manacás por meio de teste não paramétrico, utilizando dados de qualidade da água de cinco pontos de monitoramento ao longo de 12 meses. Os resultados da turbidez evidenciaram o impacto de obras sobre este parâmetro em uma seção específica da bacia, e os resultados da DQO indicaram impactos na qualidade da água devido possivelmente às falhas em redes de efluentes de institutos que concentram muitos laboratórios. Buck *et al.* (2004), por meio do tau de Kendall, avaliaram as correlações entre variáveis de qualidade da água, e por meio do R de Pearson,

avaliaram as correlações entre uso e cobertura da terra e variáveis de qualidade da água na escala do *Buffer* e da bacia para córregos de ordem 1 a 4. Ficou evidente o papel da vegetação natural na retenção de nutrientes (fósforo total e nitrogênio total) nos corredores ripários e a contribuição positiva da classe “pastagem” para esses parâmetros.

A presente dissertação buscou analisar como os usos e a cobertura da terra podem impactar a qualidade da água da BCRJP e está estruturada em sete capítulos, incluindo Introdução, Objetivos, Considerações Finais e Recomendações.

O terceiro capítulo apresenta uma revisão da literatura, dividida em quatro partes. Na primeira parte são apresentadas legislações sobre a água e sobre a bacia estudada abordando seus efeitos práticos para a pesquisa. A segunda parte apresenta os parâmetros de qualidade da água, seus conceitos ambientais, assim como as fontes prováveis de suas leituras na água. A terceira discorre sobre trabalhos a fim de estabelecer as relações entre uso e cobertura da terra e qualidade da água. Na quarta e última parte são apresentados trabalhos encontrados já realizados na represa Doutor João Penido e sua bacia de contribuição para uma maior compreensão do tema da pesquisa.

No quarto capítulo são apresentados os dados da pesquisa e a metodologia utilizada. Está separado em cinco partes. Em sua primeira parte, é caracterizada a área de estudo. A segunda parte apresenta como se deu a escolha dos pontos de amostragem, onde foram feitos os monitoramentos dos parâmetros limnológicos. Na terceira parte são apresentados os dados sobre a qualidade da água e a forma como foram obtidos. A quarta parte apresenta um estudo sobre o uso e a cobertura da terra na referida bacia de contribuição, demonstrando as escolhas e definições das classes e como se deu a elaboração de um mapa de uso e cobertura da terra da BCRJP. Por fim, na quinta parte são apresentados os testes estatísticos aplicados aos dados de qualidade da água e às classes de uso e cobertura da terra.

O quinto capítulo apresenta os resultados e discussões, separado em cinco partes. Na primeira parte é apresentado o mapa de uso e cobertura da terra na BCRJP referente ao ano de 2013 que será usado como base para as correlações apresentadas na quarta parte. Na segunda parte é apresentada a seleção dos parâmetros de qualidade da água, aqueles que poderiam comprovar a hipótese da pesquisa, a de que o uso e cobertura da terra impacta a qualidade da água. Na terceira parte é apresentada uma discussão dos resultados dos parâmetros selecionados, bem como uma comparação dos dados segundo a localização do ponto de amostragem e por estação seca e chuvosa. Além disso, os resultados são comparados com os limites estabelecidos pela Resolução Conama nº 357/2005. A quarta parte apresenta uma discussão das associações existentes entre os parâmetros de qualidade da água e as classes de

uso e cobertura da terra na BCRJP. Por fim, na quinta parte são apresentados os resultados dos parâmetros de qualidade da água entre os anos 2019 e 2020, bem como um novo mapa de uso e cobertura da terra referente ao ano de 2019, verificando as variações de porcentagens das classes de uso e cobertura da terra entre os anos de 2013 e 2019.

2 OBJETIVOS

Esta seção apresenta o objetivo geral desta investigação, assim como os objetivos específicos que foram estabelecidos para que o objetivo geral pudesse ser alcançado.

2.1 OBJETIVO GERAL

A presente dissertação tem por objetivo geral realizar uma análise têmporo-espacial do comportamento dos parâmetros de qualidade da água e a sua correlação com o uso e a cobertura da terra na bacia de contribuição da represa Dr. João Penido, localizada no Município de Juiz de Fora (MG), nos períodos de 2012 a 2015 e 2019 a 2020.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para atingir o objetivo geral aqui declarado, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Mapear e descrever o uso e a cobertura da terra na BCRJP em dois períodos distintos (2013 e 2019);
- Selecionar e analisar o comportamento dos parâmetros de qualidade da água da BCRJP, além das correlações entre o uso e a cobertura da terra na BCRJP e os parâmetros entre 2012 a 2015;
- Analisar o comportamento dos parâmetros de qualidade da água da BCRJP levantados utilizando-se a sonda multiparamétrica e o turbidímetro no período entre 2019 a 2020;
- Recomendar ações e medidas visando à melhoria e à conservação da qualidade da água.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta seção do trabalho traz uma revisão da literatura, apresentando legislações sobre a água e sobre a bacia estudada, os parâmetros de qualidade da água, seus conceitos ambientais, assim como as suas fontes prováveis, trabalhos que estabelecem as relações entre uso e cobertura da terra e qualidade da água, além de trabalhos encontrados já realizados na represa Dr. João Penido e sua bacia de contribuição para uma maior compreensão do tema da pesquisa.

3.1 LEGISLAÇÃO SOBRE AS ÁGUAS

A seguir é apresentada uma análise de dispositivos legais e normativos relacionados às águas e à região estudada.

Em 10 de julho de 1934 foi publicado o Decreto Federal nº 24.643 (BRASIL, 1934), o Código das Águas, marco importante para disciplinar e adequar o uso dos recursos hídricos às necessidades da época. O decreto classificou as águas, regulamentou os usos e definiu a propriedade. As águas superficiais foram destinadas prioritariamente para a produção de energia elétrica.

Em 15 de setembro de 1965, foi publicada a Lei Federal nº 4.771 (BRASIL, 1965), conhecida como Código Florestal, que por meio do conceito de área de preservação permanente, instaurou proteção aos recursos hídricos, desde nascentes, margens de cursos d'água até os lagos naturais ou artificiais.

A lei nº 9.433/1997 (BRASIL, 1997) instituiu a nova Política Nacional de Recursos Hídricos, adotando os seguintes princípios básicos: (a) da bacia hidrográfica como unidade de planejamento; (b) dos usos múltiplos da água; (c) do reconhecimento da água como um bem finito e vulnerável; (d) do reconhecimento do valor econômico da água, que serve de base para a instituição da cobrança pelo uso dos recursos hídricos (princípio do usuário/pagador); (e) da gestão descentralizada e participativa (envolvimento dos usuários no processo de tomada de decisão).

Além da outorga de direito de uso da água e da cobrança pelo seu uso, a Lei nº 9.433/1997 (BRASIL, 1997) prevê a elaboração de um Política Nacional de Recursos Hídricos, o enquadramento dos corpos d'água em classes de uso e a implantação do Sistema Nacional de Informações sobre os Recursos Hídricos para prover os gestores, usuários e a sociedade civil com os dados necessários para melhor participarem do processo decisório.

Em 25 de maio de 2012 foi publicada a Lei Federal nº 12.651 (BRASIL, 2012), o Novo Código Florestal, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e revoga a Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Esta Lei traz a definição de Área de Preservação Permanente (APP) como:

área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. (BRASIL, 2012).

A seguir é apresentado um apanhado no que diz respeito à legislação das águas, nos níveis federal, estadual e municipal da bacia estudada, tendo em vista que a represa Dr. João Penido foi construída com a finalidade exclusiva de servir de reservatório para acumulação de águas para o abastecimento de Juiz de Fora.

Em território nacional, a Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005) dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes, e dá outras providências. Classifica as águas do território brasileiro de acordo com sua salinidade, em “água doce” (salinidade inferior ou igual a 0,5‰), “salobra” (salinidade entre 0,5‰ e 30‰) e “salina” (salinidade superior a 30‰). As “águas doces” foram classificadas em Classe especial, Classe 1, Classe 2, Classe 3 e Classe 4.

Na esfera estadual, a Deliberação Normativa COPAM nº 16, de 24 de setembro de 1996 (MINAS GERAIS, 1996) dispõe sobre o enquadramento das águas estaduais da bacia do rio Paraibuna. O ribeirão dos Burros, principal tributário da Represa Dr. João Penido, é enquadrado como Classe 1, que compreende as águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e à proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.

No âmbito municipal, a Lei nº 6087/1981 (PREFEITURA DE JUIZ DE FORA, 1981) dispõe sobre o parcelamento, uso e ocupação do solo na área da bacia hidrográfica da Represa Dr. João Penido, apresenta as determinações e delimitação de suas áreas de preservação em seu art. 3º. No art. 9º são apresentadas as condições de ocupação, vedando qualquer tipo de ocupação nas áreas consideradas no art. 3º, com exceção dos serviços, obras e edificações

destinados a: “a) proteção de mananciais; b) controle de recuperação de erosão; c) estabilização de encostas; d) irrigação; e) manutenção da saúde pública.”

A Lei nº 6.910/1986 (PREFEITURA DE JUIZ DE FORA, 1986) institui a bacia hidrográfica da Represa Dr. João Penido como Zona Especial, sujeita a regime urbanístico específico visando a preservação dos seus recursos naturais e a proteção ambiental e ecológica.

A Lei nº 11.817/2009 (PREFEITURA DE JUIZ DE FORA, 2009), altera a lei nº 6.087/1981 (PREFEITURA DE JUIZ DE FORA, 1981) e dá outras providências. Esta apresenta uma modificação em que acrescentou uma alínea “f” no art. 9º, citado acima, cuja redação é “f) implantação de infraestrutura de alto interesse público”. Por meio dessa lei, podemos observar que essa alteração viabilizou a construção da Rodovia Estadual AMG-3085, em operação desde 2017.

Em 2018, tendo sido proposta com a preocupação da expansão urbana sobre essas áreas, a Lei nº 13.672/2018 (PREFEITURA DE JUIZ DE FORA, 2018) “proíbe a utilização dos mananciais do Município para os fins incompatíveis com a sua destinação”.

A Lei Complementar municipal nº 82, de 03 de julho de 2018, dispõe sobre a Política de Desenvolvimento Urbano e Territorial, o Sistema Municipal de Planejamento do Território e a revisão do Plano Diretor Participativo (PDP) de Juiz de Fora. O Título IV da lei trata do macrozoneamento do município e o art. 42 define o estabelecimento de macroáreas e macrozonas para estruturar a estratégia territorial do PDP. O art. 70 traz os objetivos específicos da Macrozona de Recuperação e Proteção do Manancial da Represa Dr. João Penido, a saber: recuperar, preservar, conservar e requalificar a Represa Dr. João Penido e sua Bacia de Contribuição; incentivar a conservação, manutenção e ampliação das áreas verdes; recuperar e preservar o leito e as margens dos tributários da Represa Dr. João Penido; recompor as matas ciliares; recuperar, preservar e recompor as matas de topo de morro; regularizar e regulamentar as ocupações urbanas, segundo os parâmetros previstos na legislação aplicável; conter a expansão da mancha urbana e a densidade demográfica; e resguardar o domínio público das áreas de preservação permanente de propriedade do Município.

Por fim, o Decreto nº 13.520, de 17 de janeiro de 2019 (PREFEITURA DE JUIZ DE FORA, 2019), na tentativa também de regulamentar o uso da bacia suspende:

Em caráter temporário, por 360 (trezentos e sessenta) dias, prorrogáveis, a autorização para movimentação de terra; a emissão de diretrizes para desmembramento e/ou fusão de lotes, para loteamentos ou modificação de loteamentos; a aprovação de qualquer modalidade de parcelamento do solo; a emissão de licença para construção, ampliação ou reforma; a regularização de

construções, reformas, modificações ou ampliações de edificações, bem como a emissão de licença para instalação de atividades ou usos em toda a área de contribuição para o lago da Represa Dr. João Penido (PREFEITURA DE JUIZ DE FORA, 2019, p. 1)

O quadro 1 apresenta uma síntese da legislação relacionada à bacia estudada.

Quadro 1 – Resumo da caracterização da bacia estudada à luz dos dispositivos legais e normativos

Esfera	Dispositivo Normativo	Efeito prático para a pesquisa
Federal	Resolução CONAMA 357/2005	Apresenta a classificação e diretrizes para enquadramento dos corpos d'água.
Estadual	Deliberação Normativa COPAM nº 16/1996	Enquadra as águas como Classe 1.
Municipal	Lei Municipal nº 6087/1981	Veda qualquer tipo de ocupação nas áreas consideradas no art. 3º, com exceção de obras visando proteção e preservação ambiental.
	Lei Municipal nº 6.910/1986	Classifica a Bacia como Zona Especial.
	Lei Municipal nº 11.817/2009	Altera a legislação permitindo implantação de infraestrutura de alto interesse público na área da bacia hidrográfica da Represa.
	Lei Municipal nº 13.672/2018	Proíbe a utilização dos mananciais para fins incompatíveis com a sua destinação.
	Lei Complementar Municipal nº 82/2018	Dispõe sobre a Política de Desenvolvimento Urbano e Territorial, o Sistema Municipal de Planejamento do Território e a revisão do Plano Diretor Participativo (PDP) de Juiz de Fora
	Decreto nº 13.520/2019	Suspende a autorização para todas as intervenções na área da bacia por 360 dias.

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Diante desse apanhado de legislação municipal, parece que as sucessivas tentativas de regulamentação do uso da bacia não geraram êxito. Conforme observado por Rocha, Freitas e Casquin (2019) “o conflito se estabelece ao ocuparem áreas em desacordo com a legislação vigente, convertendo áreas de interesse público em particular, tornando o ocupante irregular perante as legislações em vigência”.

Apesar das legislações municipais regulamentarem o uso da bacia para proteção do manancial, vem acontecendo um processo de ocupação antrópica, com ênfase nas margens da represa. A própria alternância das legislações, ora apresentando avanço para a proteção da bacia, ora retrocedendo, sugere que as medidas legais não têm sido eficazes para disciplinar o uso da área. A existência de prazo limitado no Decreto nº 13.520/2019 indica que a área da bacia está vulnerável. Com isso, a Rodovia AMG-3085, que será abordada mais adiante, se torna um indutor para a expansão urbana associada no seu entorno. Torna-se necessário avançar

na proposição de uma lei municipal que discipline o uso e a ocupação do solo na BCRJP e a sua regulamentação a partir de decretos específicos. Essa legislação deveria atualizar as leis anteriores à luz das orientações gerais do Plano Diretor Participativo e oferecer um regramento consolidado, estável e sem prazo para o devido disciplinamento do uso e ocupação do solo na área da BCRJP, de forma a evitar a degradação da bacia e a deterioração da qualidade da água do manancial.

3.2 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

“Conhecer a qualidade e a quantidade das águas em nosso Estado é uma ferramenta básica para definir estratégias que busquem a conservação, a recuperação e o uso dos recursos hídricos, reduzindo os conflitos e direcionando as atividades econômicas (IGAM, 2018)”. São vários os parâmetros que podem ser utilizados para monitorar a qualidade das águas. A seguir é apresentada uma revisão bibliográfica dos parâmetros selecionados para esta investigação.

3.2.1 Série de sólidos

De acordo com a CETESB (2016), sólidos correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após operações de evaporação, secagem ou calcinação de uma amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo pré-fixado. Por meio dessas operações são definidas as diversas frações de sólidos presentes na água: sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis. Os métodos empregados para a determinação de sólidos são gravimétricos (faz-se uso de balança analítica ou de precisão).

O estudo dos sólidos constitui em uma informação preliminar importante. As determinações dos níveis de concentração das diversas frações resultam em um quadro geral da distribuição das partículas com relação ao tamanho (sólidos em suspensão e dissolvidos) e com relação à natureza (fixos ou minerais e voláteis ou orgânicos) (CETESB, 2016). Essa informação pode oferecer um panorama geral das características de águas residuárias, podendo estimar a concentração de microrganismos decompositores da matéria orgânica, o que assume grande importância no controle operacional de sistemas de tratamento de esgotos (CETESB, 2016).

Nos recursos hídricos, os sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática. Eles podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, ocasionando decomposição

anaeróbica. Além disso, podem sedimentar no leito dos rios destruindo organismos que fornecem alimentos ou, danificar os leitos de desova de peixes (CETESB, 2016).

Partículas inorgânicas de solo e rochas provenientes de processos erosivos, os organismos e detritos orgânicos constituem fontes naturais de sólidos nos ecossistemas aquáticos. A ação humana pode intensificar os processos erosivos na bacia de drenagem, ou ainda, o lançamento de efluentes nos corpos d'água também pode carrear sólidos (CETESB, 2008).

A Resolução Conama nº 357/2005 estabelece o limite máximo de 500 mg/L para o parâmetro SDT para águas de Classe 1.

3.2.2 Condutividade elétrica

A condutividade é a expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Como decorre das concentrações iônicas e da temperatura, e ainda indica a quantidade de sais existente na coluna d'água, ela corresponde a uma medida indireta da concentração de poluentes. “A condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes.” Este parâmetro aumenta à proporção que mais sólidos dissolvidos são adicionados. (CETESB, 2016).

A condutividade na água é afetada por sólidos dissolvidos inorgânicos, como cloreto, sulfato, sódio, cálcio e outros. A condutividade em córregos e rios é afetada pela geologia da área onde a água flui. Os riachos que atravessam a rocha de granito terão menor condutividade, e os que fluem através de calcário e argila terão maior condutividade. Leituras de alta condutividade também podem vir de poluição industrial ou escoamento urbano, como água que sai de ruas, prédios e estacionamentos. Períodos secos prolongados e condições de baixo fluxo também contribuem para maior condutividade. Os compostos orgânicos, como o óleo, não conduzem muito bem a corrente elétrica, portanto, um derramamento de óleo tende a diminuir a condutividade. A temperatura também afeta esse parâmetro, a água morna tem uma condutividade mais alta (LCRA, 2012).

De acordo com Straškraba e Tundisi (2013), os movimentos da água e sua mistura influenciam no comportamento dos minerais. Com isso, a condutividade é um bom indicador natural. Esta sofre influência da temperatura e do pH, temperaturas elevadas tende a aumentá-la.

A condutividade pode ser considerada, do ponto de vista limnológico, uma das variáveis mais importantes, tendo em vista que pode fornecer informações tanto sobre o metabolismo do sistema aquático como dos processos que ocorrem na bacia de drenagem do corpo hídrico. Esse parâmetro pode auxiliar no conhecimento sobre a magnitude da concentração iônica, a identificar fontes poluidoras e a avaliar as diferenças geoquímicas dos afluentes de um corpo d'água (ESTEVES, 2011).

A condutividade elétrica está associada a fontes de poluição e alteração do metabolismo aquático. Sendo também um bom indicador da composição mineral da água de um reservatório. Esse parâmetro mostra a mudança da qualidade de um corpo hídrico (OLIVEIRA, 2018). De modo geral, a condutividade não varia muito em um mesmo curso d'água. A Resolução Conama nº 357/2005 não estabelece limite para este parâmetro. Um único valor de condutividade pode não indicar a qualidade da água, mas o monitoramento por mais leituras pode ser um bom indicador de poluição em pontos específicos ou do mesmo ponto ao longo do tempo.

3.2.3 Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio da atmosfera dissolve-se nas águas naturais devido à diferença de pressão parcial. A taxa de reintrodução de oxigênio dissolvido em águas naturais através da superfície depende das características hidráulicas e é proporcional à velocidade. A taxa de reaeração superficial em uma queda d'água é maior que em um rio de velocidade normal, que é maior que em uma represa, com velocidade normalmente bastante baixa. Outra fonte importante de oxigênio nas águas é a fotossíntese de algas (CETESB, 2016).

Os fatores que podem reduzir a concentração de OD são a presença de matéria orgânica e nutrientes. Águas que recebem esgoto apresentam baixa concentração de OD, pois ele é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica. Sob este aspecto, águas poluídas são aquelas que apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido, enquanto as águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido elevadas, chegando até a um pouco abaixo da concentração de saturação.

Uma adequada provisão de OD é essencial para a manutenção de processos de auto-depuração em sistemas aquáticos naturais. Através da medição da concentração de oxigênio dissolvido, os efeitos de resíduos oxidáveis sobre águas receptoras e a eficiência do tratamento dos esgotos, durante a oxidação bioquímica, podem ser avaliados. Os níveis de oxigênio dissolvido também indicam a capacidade de um corpo d'água natural em manter a vida aquática (CETESB, 2016).

A Resolução Conama nº 357/2005 estabelece o limite mínimo de 6mg/L para águas de Classe 1.

3.2.4 Oxigênio Consumido (OC)

Esse parâmetro fornece informação sobre a quantidade de matéria orgânica que é oxidável na amostra. Segundo Valente, Padilha & Silva (1997), o termo “oxigênio consumido” quimicamente tem o mesmo significado que a demanda química de oxigênio (DQO), que é um indicador de matéria orgânica baseado na concentração de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica. A determinação da DQO é mais utilizada para águas com concentrações acima de 5mg/L O₂, enquanto a determinação de OC é mais indicada para concentrações menores. Não há limites legais para esse parâmetro, mas como referência, águas com leitura de OC acima de 5 mg/L são consideradas com maior teor de carga orgânica.

3.2.5 Nitrogênio Total (NT)

O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras formas são reduzidas, e as outras, oxidadas. Os compostos de nitrogênio são nutrientes para processos biológicos e são caracterizados como macronutrientes, pois, depois do carbono, o nitrogênio é o elemento exigido em maior quantidade pelas células vivas (CETESB, 2016). O nitrogênio, assim como o fósforo, quando descarregado nas águas naturais em elevadas concentrações, provoca o enriquecimento do meio, causando a eutrofização da água, principal problema relacionado a alta concentração deste parâmetro. O nitrogênio é elemento indispensável para o crescimento de algas, que em grandes concentrações podem trazer prejuízos aos múltiplos usos dessas águas, prejudicando seriamente o abastecimento público ou causando poluição decorrente da morte e decomposição desses organismos (VON SPERLING, 2014; CETESB, 2016).

As fontes de nitrogênio nas águas naturais são diversas. A principal fonte em áreas urbanas, em geral, são os esgotos domésticos, que lançam nas águas nitrogênio orgânico, devido à presença de proteínas, e nitrogênio amoniacal, pela hidrólise de ureia na água. Também nas áreas urbanas, a drenagem das águas pluviais, associada às deficiências do sistema de limpeza pública, constitui fonte difusa de difícil caracterização. Em alguns efluentes industriais também há presença de nitrogênio orgânico e amoniacal, como algumas indústrias químicas, petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, conservas alimentícias, matadouros, frigoríficos e

curtumes. Nas áreas agrícolas, o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados também contribui para a presença de diversas formas de nitrogênio. (CETESB, 2016).

Em um corpo d'água, a determinação da forma predominante do nitrogênio pode dar indicações sobre o estágio da poluição eventualmente ocasionada por algum lançamento de esgoto a montante. O nitrogênio estará basicamente na forma de nitrogênio orgânico ou amônia, quando a poluição é recente, ao passo que, poluição antiga estará basicamente na forma de nitrato. (VON SPERLING, 2014).

A Resolução Conama 357/2005 (BRASIL, 2005) preconiza que para águas doces enquadradas nas Classes 1 e 2, quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização, o valor de nitrogênio total após oxidação, não deverá ultrapassar 1,27 mg/l para ambientes lênticos e 2,18 mg/L para ambientes lóticos, na vazão de referência.

3.2.6 Fósforo Total (FT)

O fósforo em águas naturais é proveniente principalmente de descargas de esgotos sanitários. A matéria orgânica fecal e os detergentes em pó empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais. Assim como o nitrogênio, o fósforo constitui-se em um dos principais nutrientes para os processos biológicos. E por ser nutriente para processos biológicos, o excesso de fósforo em esgotos sanitários e efluentes industriais conduz a processos de eutrofização das águas naturais (VON SPERLING, 2014; CETESB, 2016). Os processos de eutrofização podem ser acelerados por várias causas, a saber: atividades urbanas advindas da urbanização, lançamentos domésticos de resíduos líquidos e sólidos (lixo), prática agrícola com o uso de fertilizante e mesmo, agrotóxicos, a criação de animais, a circulação de embarcações, uso recreacional inadequado, são fatores isolados ou em conjunto que acabam por conduzir a uma mais rápida mineralização (ROCHA; BRANCO, 1986).

A Resolução Conama nº 357/2005 estabelece o limite máximo de 0,1mg/L para águas de Classe 1 em ambiente lótico e de 0,02 mg/L em ambiente lêntico.

3.2.7 *Escherichia coli* (*E. Coli*)

A *E. Coli* é a principal bactéria do subgrupo dos coliformes termotolerantes, sendo de origem exclusivamente fecal. É considerada, portanto, o indicador mais adequado de contaminação fecal em águas doces (CETESB, 2016). Está presente em número elevado nas fezes humanas e de animais homeotérmicos e é raramente detectada na ausência de poluição fecal. Assim, seu valor é importante, pois é a única que dá garantia por contaminação exclusivamente fecal.

A Resolução Conama nº 357/2005 estabelece, para a Classe 1, que “a *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliforme termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente”. Em Minas Gerais, a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008, também estabelece que “a *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliforme termotolerante, observando-se os mesmos limites”, ou seja, “não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral”. Para esta pesquisa o limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros foi considerado de forma individual, por leitura.

3.2.8 Temperatura

Variações de temperatura são parte do regime climático normal e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. Latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade podem influenciar a temperatura superficial. Despejos industriais e usinas termoelétricas, por exemplo, podem elevar a temperatura da água (CETESB, 2016).

A temperatura tem grande influência sobre outras variáveis físico-químicas. Como exemplo tem-se à medida que a temperatura aumenta, de 0 a 30°C, a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade e calor específico diminuem, e condutividade térmica e pressão de vapor aumentam. A temperatura também interfere em organismos aquáticos. Esses têm temperaturas ótimas para crescimento, migração, desova e incubação de ovo (CETESB, 2016).

3.2.9 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O valor de pH corresponde à concentração de íons H^+ (cátion hidrogênio) presentes numa determinada amostra. Esse valor representa a condição de alcalinidade da água, variando de 0 a 14. Sendo o valor 7 referente à neutralidade, valores abaixo de 7 referente à condições ácidas e valores acima de 7 referente à condições básicas (SILVA, 2015).

Sua influência sobre os ecossistemas aquáticos dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies, e indiretamente, em determinadas condições de pH, contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados (CETESB, 2016). Alteração no pH pode estar associado tanto à causas naturais, como dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, fotossíntese e oxidação da matéria orgânica, quanto à causas por intervenção humana, como por exemplo, ao despejo de esgotos domésticos, o que aumenta a quantidade de matéria orgânica a ser oxidada, despejos industriais, poluição atmosférica e chuva ácida (GAIO, 2019).

A Resolução Conama nº 357/2005 estabelece, para águas de Classe 1, que o pH deve estar entre 6,0 e 9,0.

3.2.10 Turbidez

A turbidez da água pode ser entendida como o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos em suspensão, como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e detritos orgânicos (CETESB, 2016). Alguns fatores como a erosão das margens dos rios em estações chuvosas, que é intensificada pelo mau uso do solo podem ocasionar o aumento da turbidez, exigindo manobras operacionais nas estações de tratamento de água. Os esgotos domésticos e diversos efluentes industriais também provocam elevações na turbidez das águas.

De acordo com Straškraba e Tundisi (2013), a turbidez é afetada pelo tamanho e tipo dos materiais em suspensão, sendo quanto menores e mais leves as partículas, maior será a turbidez. É dispendioso o tratamento de águas turvas para consumo humano. Outra consequência da turbidez inclui o decréscimo de plantas, a queda da produtividade de fitoplâncton e a redução da biodiversidade. Segundo Von Sperling (2014), a turbidez associada às condições naturais não traz inconvenientes sanitários diretos ao recurso hídrico, no entanto, para a água potável, além de esteticamente desagradável, os sólidos em suspensão podem abrigar microrganismos patogênicos, reduzindo a eficiência da desinfecção, e a turbidez

oriunda das ações antrópicas pode estar relacionada à presença de compostos tóxicos e organismos patogênicos.

Turbidez elevada causa redução da fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas. O baixo desenvolvimento de plantas pode suprimir a produtividade de peixes. Assim, a alta turbidez influencia nas comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional de uma água (CETESB, 2016).

A Resolução Conama nº 357/2005 estabelece para águas de Classe 1, que o valor máximo para o parâmetro turbidez é 40 UNT.

3.3 QUALIDADE DA ÁGUA E USO E COBERTURA DA TERRA

Segundo Carneiro e Andreoli (2005) a qualidade da água de um corpo hídrico é impactada, direta ou indiretamente, por tudo o que ocorre na área de drenagem. Esgotos sem tratamento aumentam o risco de doenças transmitidas pela água; efluentes industriais e orgânicos aumentam o risco toxicológico e reduzem o oxigênio dissolvido gerando contaminação química; a erosão aumenta a turbidez e causa poluição das águas e assoreamento dos rios, assim como os defensivos utilizados na agricultura, que podem ser carregados e causar problemas à fauna aquática e às pessoas que utilizam aquela mesma água, à jusante. Para o autor, a deterioração da qualidade das águas ocorre basicamente em função do uso do oxigênio dissolvido para oxidação da matéria orgânica, independente da fonte, seja despejos industriais, uso inadequado do solo, esgoto doméstico, agrotóxicos, fertilizantes ou vegetais aquáticos. As interferências generalizadas provocadas à hidrologia, geologia e paisagem provocam alterações nas características físicas e químicas da água. O solo sem proteção natural fica exposto aos raios solares, à deposição de poeiras e à ação da chuva e do vento como agentes de erosão (CETESB, 1977).

Bernhardt (1990) corrobora que a saúde ambiental de um reservatório é afetada pelas atividades humanas existentes em suas bacias hidrográficas, tais como lançamento de esgoto sanitário, percolação de lixões - chorume, compostos tóxicos advindos de pesticidas utilizados na agricultura, recepção de águas de chuvas da agricultura em terras sujeitas à erosão, etc. Todos esses fatores provocam a degradação da qualidade da água, perda da diversidade biológica e desperdício de recursos hídricos. A grande maioria das atividades antrópicas de uma bacia hidrográfica gera efluentes, os quais, se não dispostos em locais adequados ou tratados, acabam atingindo os cursos d'água, o que altera as suas propriedades naturais. Assim, a água de um manancial como resultado de uma drenagem da bacia correspondente terá sua qualidade

impactada pelas ações que ocorrerem no solo dessa bacia (KIRA; SAZANAMI, 1995; CETESB, 1977; VON SPERLING, 2014).

O uso abundante da água e a consequente poluição gerada colaboram para agravar sua escassez e, com isso, a necessidade crescente do acompanhamento das variações da qualidade desse recurso. O conhecimento sobre a qualidade da água é necessário para que se acompanhe a situação dos corpos hídricos com relação aos impactos antrópicos na bacia hidrográfica e é essencial para o correto planejamento de sua ocupação e controle dos impactos. O controle ambiental faz parte do gerenciamento dos recursos hídricos para impedir que problemas decorrentes da poluição da água venham a prejudicar o aproveitamento múltiplo e integrado e para contribuir para a minimização dos impactos negativos ao meio ambiente. (REBOUÇAS *et al.*, 2006; GU *et al.* 2019). Logo, o estudo limnológico e ecológico de reservatórios consiste em uma base fundamental de gerenciamento e exploração sustentada para os usos múltiplos.

A literatura aponta três caminhos principais que levam à deterioração da qualidade das águas armazenadas em reservatórios, a partir dos elementos orgânicos e inorgânicos conservados na área inundada ou introduzidos durante e após a inundação (CARNEIRO; ANDREOLI, 2005):

- Carreamento de nutrientes, em especial fósforo e nitrogênio, das áreas urbanizadas através dos esgotos lançados nos rios.
- Transporte de sedimentos, como areia, silte e argila, da área de drenagem da bacia hidrográfica motivada pelas condições particulares de erosão potencial quando ocupado e decomposição da matéria orgânica de plantas e animais existentes no próprio reservatório;
- Introdução de produtos tóxicos, como pesticidas e metais pesados e organismos patogênicos através da atmosfera, dos esgotos e das precipitações pluviométricas.

No Brasil, os mananciais para abastecimento público têm apresentado uma deterioração crescente quanto à qualidade da água. O aumento da demanda de consumo de água não é proporcional à disponibilidade hídrica em condições de utilização (CARNEIRO; ANDREOLI, 2005). Segundo os mesmos autores, as águas destinadas ao abastecimento público devem ser o mais possível isentas de matérias orgânicas sujeita à decomposição, tendo em vista que isso pode causar transtornos ao tratamento ou interferir diretamente na qualidade da água, por produzir sabor, odor, e até mesmo substâncias provocadoras de distúrbios gastrointestinais.

Caracterizar a relação entre uso da terra e qualidade da água aumenta o entendimento sobre as influências antropogênicas nas condições aquáticas. Esse conhecimento pode auxiliar os tomadores de decisão a melhorar as políticas de uso da terra para as bacias hidrográficas bem

como melhorar as estratégias práticas de controle de poluição induzida pela terra. Os mananciais de abastecimento de água são ativos ambientais que precisam de atenção de toda a sociedade e o monitoramento de variáveis limnológicas oferece indicativos de toda a dinâmica natural e antrópica compreendida na bacia hidrográfica (GU *et al.*, 2019; ROCHA, FREITAS; SILVA; 2014).

A discussão empreendida até aqui mostra que a qualidade da água de um manancial somente será viável através do disciplinamento do uso do solo em uma bacia, tendo em vista os respectivos usos da água. De acordo com Von Sperling (2014), o controle da qualidade da água está relacionado a um planejamento global, no nível de toda a bacia hidrográfica. Segundo o mesmo autor, é fundamental que se preserve os recursos hídricos da Terra, tendo em vista que somente 0,8% da água disponível pode ser usada mais facilmente para abastecimento público.

O monitoramento da água do reservatório deve ser visto como um processo essencial à implementação dos instrumentos de gestão, gerando informações estratégicas e possibilitando o acompanhamento das ações realizadas, capazes de orientar a definição de diretrizes, programas e atividades para a manutenção e melhoria da qualidade da água no reservatório (CARNEIRO; ANDREOLI, 2005). O ambiente aquático é sensível às interferências que ocorrem na bacia hidrográfica que o abastece.

Vários autores têm correlacionado a qualidade da água com o uso da terra e o estado de conservação da cobertura vegetal na bacia hidrográfica.: (1) Rabelo *et al.* (2009) estudaram duas bacias hidrográficas de médio porte localizadas no Estado de Goiás com características diferentes nos aspectos físicos (solo, topografia e cobertura vegetal) e antrópicos (nível de degradação ambiental e índice de desenvolvimento econômico). Uma bacia apresenta nível de antropização de 88% e a outra, 25%. As análises químicas e os valores do Índice de Qualidade da Água (IQA) demonstraram que a água na bacia de menor nível de antropização, de uma forma geral, apresenta uma melhor qualidade para o consumo humano e para a manutenção do ecossistema na região analisada. Os resultados do IQA obtidos para cada uma das bacias estudadas fornecem um claro entendimento de que quanto maior o nível de preservação da bacia, melhor a qualidade de sua água; (2) White *et al.* (2013) analisaram o uso terra com a concentração de nitrato em poços privados de água potável em empreendimentos residenciais unifamiliares no sul do condado de Chester, Pensilvânia. Concluíram que há correlação entre uso da terra e concentrações de nitrato na água. Em média, amostras coletadas de poços localizados em terras agrícolas apresentaram concentrações de nitrato duas vezes maior que aquelas coletadas em terras florestais; (3) Menezes (2014) descreveu a correlação entre parâmetros de uso da terra (área agrícola, área edificada, pastagem, solo exposto e vegetação

intermediária) e de qualidade da água subterrânea (pH, sólidos totais dissolvidos – STD, K⁺, Na⁺, Fe⁺³, Ca⁺², Mg⁺², NO₂⁻, NO₃⁻, P total e coliformes) no sul do estado do Espírito Santo. Concluiu que o uso da terra influenciou a qualidade da água subterrânea, principalmente pelo incremento da concentração de alguns elementos químicos; (4) Kändler *et al.* (2016) avaliaram o impacto do uso da terra na qualidade da água na bacia hidrográfica superior de Nisa, na República Checa e na Alemanha. Concluíram que a qualidade da água foi particularmente afetada pelas áreas de assentamento e terra aráveis. Sub-bacias hidrográficas que foram florestadas (acima de 70%) mostram o menor nível de concentração para todos os parâmetros. Áreas densamente povoadas reduzem a qualidade da água apesar das altas proporções de floresta.

Em Juiz de Fora e região, algumas pesquisas devem ser destacadas: a primeira, um estudo na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Úvas, em que Ribeiro e Leal (2012) elaboram um inventário do seu meio físico, de forma a gerar um conjunto de informações para subsidiar o planejamento ambiental em sua área de abrangência. “O Inventário constitui-se num processo de investigação detalhada, que tem o propósito de obter amplo conhecimento a respeito da bacia hidrográfica estudada”. Por meio do inventário, tem-se subsídios para a elaboração do Diagnóstico, do Prognóstico e das Propostas de Melhoria do Estado Ambiental. A cartografia e a análise do meio físico são imprescindíveis para o desenvolvimento de ações de planejamento ambiental, tendo em vista que este condiciona de forma significativa os diversos usos e a ocupação que se processam sobre o território. Por fim, os autores observaram que a bacia estudada apresenta uma série de particularidades, tornando o conhecimento do meio físico de fundamental importância:

Estes elementos estabelecem uma série de inter-relações com os elementos relativos ao uso e ocupação do solo, inserindo a bacia numa complexa problemática que envolve uma série de aspectos relevantes: a utilização das águas da Represa de Chapéu D'Úvas para o abastecimento público de água do Município de Juiz de Fora; os aspectos particulares de sua geomorfologia, que condiciona de forma significativa o uso e a ocupação do solo; os diversos problemas ambientais aí identificados, sendo os principais a remoção da cobertura vegetal e a ocupação de áreas de preservação permanente e a contaminação das águas da represa em função do lançamento de esgotos domésticos; a necessidade de uma gestão compartilhada da bacia hidrográfica do manancial, em função de a mesma estender-se sobre o território de três municípios; etc. (RIBEIRO; LEAL, 2012, p. 14-15).

A segunda, consiste em apresentar e discutir um conjunto de proposições para o ordenamento territorial da Bacia de Contribuição da Represa Chapéu D'Úvas/MG (BCRCD),

em que Machado (2012) elabora um diagnóstico ambiental, com as principais características físicas e demográficas, econômicas e infra estruturais da área, realiza um zoneamento da bacia, para reconhecer suas áreas de maior vulnerabilidade, avaliando parâmetros físicos e demográficos relacionados à qualidade e quantidade das águas do manancial. E posteriormente, fundamentado no diagnóstico e no zoneamento, apresenta e discute um conjunto de ideias e proposições para o ordenamento territorial e para a gestão da bacia. À jusante da bacia está Juiz de Fora, que vê a área como um manancial capaz de solucionar seus problemas de abastecimento público por longo tempo. Por localizar-se fora da área do município, a utilização desse manancial vai demandar a gestão negociada e compartilhada de toda a bacia de contribuição, que ocupa parte do território dos municípios de Antônio Carlos, Ewbank da Câmara e Santos Dumont. Em sua pesquisa, os três maiores problemas que observou na BCRCO foram: sua configuração político-administrativa; os processos de erosão superficial e consequente assoreamento da represa; e a introdução de efluentes domésticos sem prévio tratamento. Concluiu que toda a bacia se mostra como um ambiente frágil e muito vulnerável à intervenção humana. Com isso, a apresentação do plano diretor territorial sugerido deverá regulamentar e disciplinar as futuras atividades econômicas, os usos do solo, os modelos de ocupação e de parcelamento a serem efetivados na bacia, numa clara opção por se tratar as causas e não remediar as consequências.

A terceira, um estudo também na bacia de contribuição da represa Chapéu D'Úvas, constitui em identificar as relações espaciais entre uso e cobertura da terra na bacia e a qualidade da água do reservatório, através do uso das ferramentas de limnologia da paisagem e regressão geograficamente ponderada. A pesquisa utilizou-se de dados fornecidos pela CESAMA, referente à captação no manancial entre os anos 2005 e 2017 e foram realizadas também campanhas para amostragem na represa e nos principais tributários nos anos de 2016 e 2017. Alguns resultados merecem destaque: o Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) dos dados de qualidade da água apresentou-se como ruim a regular; em uma das campanhas realizadas pelo autor, foram registrados 50 pontos de erosão na margem esquerda e 67 na margem direita da represa; existe apenas 35,31% de remanescentes das áreas de preservação permanente. O autor, concluiu, então, que pelo fato de o manancial ter em si depositado a expectativa de suprimento de água em quantidade e qualidade para o município de Juiz de Fora, requer medidas urgentes para a gestão ambiental da bacia. Aponta, por fim, algumas recomendações para contribuir para a gestão da represa, a partir dos resultados encontrados, como exemplo, a importância da formação de uma mata ciliar que cumpra efetivamente o papel

de proteger a zona ripária, com a finalidade de conter a erosão e o consequente assoreamento da represa (OLIVEIRA, 2018).

3.4 QUALIDADE DA ÁGUA DA REPRESA DR. JOÃO PENIDO

Devido à importância da represa para o município de Juiz de Fora, a qualidade da sua água foi tema de investigação de alguns autores (ROCHA; BRANCO, 1986; PEREIRA, 1991; ROCHA; FREITAS; SILVA, 2014; BUCCI; OLIVEIRA, 2014; BUCCI *et al.*, 2015; ROCHA; PEREIRA, 2016; ROCHA, CASQUIN; PEREIRA, 2019; ROCHA *et al.*, 2020). A seguir, são apresentados brevemente os aspectos principais das pesquisas obtidas.

O primeiro estudo encontrado data de 1986, em que Rocha e Branco (1986) inspecionaram a represa, em toda a sua extensão, orla e região ribeirinha, em carro, incursões a pé e barco, percorrendo o corpo d'água desde a barragem até as cabeceiras, em toda a extensão. Algumas observações merecem destaque:

Evidenciou-se mesmo à vista desarmada, que existe um acentuado processo de maturação em andamento. Assim, ainda que, grande parcela da represa apresente, visualmente, aspecto paisagístico e estético extremamente agradável e atraente, vê-se em sua cabeceira, entradas do ribeirão dos Burros e córrego Grama, seus principais formadores, que por cerca de 500m águas abaixo de cada um desses braços, há um compacto conjunto vegetativo onde predomina a planta do gênero Thypha sp (taboa) entremeadada com gramíneas, família Cyperaceae.

Nesses locais não há mais possibilidade de navegação, tendo se formado um verdadeiro pântano, criadouro de mosquitos e atração para aves principalmente garças do gênero Bubalus sp. [...]

Ao percorrer a região verificou-se a existência de pequenas granjas e de incipientes criações de gado e coelho.

Nas casas avistadas do barco, muitas avançando no corpo d'água, com a construção de ancoradouros, quadras esportivas e jardins, foram observados vários e precários sistemas de captação de água e de disposição de esgotos domésticos. Em outras, cavalos pastavam ao lado de bois, às margens, comendo plantas aquáticas, aguapé.

Em dois sítios ribeirinhos, onde a construção estava em marcha, havia processos de erosão, com o carreamento de terra, silte, etc., para a represa. Viu-se também algumas árvores tombadas na água. [...]

Nas regiões de baias pronunciadas a vegetação ancora formando extensas massas. O predomínio é subsequentemente de: Eicchornia sp (aguapé); Potamogeton sp uma erva que aparece enraizada; Salvinia aquática; Nymphaea sp com algumas folhas submersas e raros Myriophyllum, o pinheirinho d'água. [...]

A presença dessa vegetação é um bom indicador do estado trófico, atual da represa, possibilitando à luz da análise dos dados físico-químicos, existentes, inferir quanto ao processo de eutrofização, em andamento, antes referido. (ROCHA; BRANCO, 1986, p. 3-8)

Colheram água em um ponto à saída do reservatório, logo à entrada da ETA, durante os anos de 1983, 1984 e 1985 para analisarem os dados físico-químicos. Afirmaram que a represa, estava ainda, de certo modo, em estado satisfatório quanto à ecologia, com a presença de organismos e animais que são bons indicadores de equilíbrio no ecossistema. Alguns procedimentos foram, então, apresentados para serem efetuados visando a proteção da represa: proteção contra os processos de erosão com construção de muros de arrimo, plantio de capim ao redor da represa onde não mais existem vegetação, implantação de curvas de nível formando terraços; controle do lançamento de esgotos domésticos e industriais; estabelecimento de faixa de segurança sanitária (ROCHA; BRANCO, 1986).

Pereira (1991), realizou trabalho na represa a fim de caracterizar as condições limnológicas da represa, através de parâmetros físicos, químicos e biológicos. Realizou coletas de água nos dias 15 e 16 de dezembro de 1987 em sete estações distribuídas entre as entradas dos principais afluentes, regiões centrais e saída de água pela barragem em direção às estações de tratamento. Aponta que a bacia do ribeirão dos Burros possui um potencial de erodibilidade elevado. Observou erosões na bacia de origem antrópica. E em relação a macrófitas aquáticas, relatou que a represa apresenta uma área ocupada de macrófitas de 0,215 km² de uma área superficial de 3,7 km², ou seja, 5,81%. Apresenta ao final, os resultados dos dados obtidos das campanhas, dados climatológicos, dados hidrológicos e dados biológicos. Porém, não apresenta em seu trabalho, uma conclusão científica.

Os processos que causam alterações em variáveis limnológicas são amplos e necessitam de estudos que considerem as peculiaridades das bacias de contribuição, como também o uso e cobertura de suas áreas. Rocha, Freitas e Silva (2014) analisaram dados de parâmetros de qualidade da água cedidos pela Companhia de Saneamento Municipal – CESAMA, referentes às análises da água na captação da Represa entre o período de 2006 a 2012 a fim de comparar a dinâmica de parâmetros limnológicos em diferentes regimes pluviométricos e compreender os mecanismos atuantes na variação dos mesmos. Através dos resultados da aplicação do teste t de Student e da análise fatorial/análise de componentes principais (AF/ACP) afirmam que o escoamento superficial, a contribuição orgânica e a dinâmica funcional intrínseca do manancial são os principais fatores de alteração da qualidade da água na captação. A ocupação das margens da Represa, em desconformidade com a legislação sobre Áreas de Preservação Permanente (APP) e a Lei Municipal 6.087/1981 (PREFEITURA DE JUIZ DE FORA, 1981), e ainda a ausência de redes de coleta e tratamento de esgotos também contribuíram para a degradação da qualidade das águas. Tendo observada a variação para importantes parâmetros limnológicos em virtude da pluviosidade, a utilização do teste t de Student confirmou a

necessidade de estudos que considere diferentes estações (seca e chuva). E a AF/ACP proporcionou a redução do número de variáveis de qualidade da água, que facilitou a interpretação dos dados que mais influenciam na dinâmica do manancial.

A Represa Dr. João Penido era a principal fonte de abastecimento de água potável da cidade de Juiz de Fora e vinha sofrendo com o mau uso e ocupação das terras em seu entorno. Dessa forma, Bucci e Oliveira (2014) realizaram uma pesquisa a fim de caracterizar a qualidade hídrica do manancial, relacionando os resultados com o uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica. Realizou-se análises físico-químicas e microbiológicas de amostra de água durante um ano (julho de 2009 a junho de 2010). Os resultados dos cálculos do IQA e do Índice de Estado Trófico (IET), que predominaram o estado “mesotrófico” e nível “médio” de qualidade da água. Concluíram que o uso e ocupação da bacia da represa não estavam sendo adequados para que o manancial seja utilizado para o abastecimento público de Juiz de Fora, evidenciando deterioração da qualidade de suas águas. Foi evidenciada a necessidade de adoção de medidas mitigadoras visando à redução e controle do aporte de carga orgânica, nutrientes e sedimentos para a água, assim como contenção de assoreamento, erosão e eutrofização dos corpos hídricos.

Bucci *et al.* (2015), dando continuidade à pesquisa anterior, realizou um novo trabalho a fim de analisar metais, agrotóxicos, alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos em amostras de água da represa, no período entre julho de 2011 e março de 2013, verificando a correlação entre os mesmos e o atendimento aos limites previstos nas legislações pertinentes. As correlações entre os parâmetros revelaram a influência do intemperismo, escoamento superficial e atividades agrícolas na qualidade da água. Os níveis de metais revelaram que não há contaminação do manancial. As concentrações de agrotóxicos ficaram abaixo dos limites de quantificação dos métodos utilizados. Os parâmetros DBO (100%); OD (95%); PT (65%); coliformes termotolerantes (15%), pH (2,5%), Fe dissolvido (27,5%) e o Zn total, em apenas em uma amostra não atenderam à Resolução Conama 357/2005 (BRASIL, 2005). Ao transmitir importantes resultados sobre a qualidade da água fornecida à população, o estudo mostra parte do diagnóstico ambiental necessário para a elaboração de um plano de manejo para recuperação e preservação do manancial.

Silva (2015) monitorou seis pontos amostrais na BCRJP durante 24 meses. Os pontos escolhidos foram uma nascente, um médio curso, exutórios dos principais tributários e a captação. Elaborou uma carta de uso e cobertura da terra da área da bacia e calculou o IQA de cada ponto amostral pela metodologia da CETESB e do IGAM. Em geral, o resultado não foi bom nos tributários, sendo, na maior parte dos meses, enquadrados na classe “médio”, e em

alguns casos “ruim”. Concluiu que o transporte de sedimento, os nutrientes e a carga orgânica foram os fatores preponderantes nas alterações da qualidade dos cursos hídricos, mostrando-se relacionados às classes de pasto e pasto degradado, além da classe área urbanizada.”

Monitorar a qualidade da água para abastecimento público demanda a avaliação de diversos parâmetros, que muitas vezes são de difícil interpretação e análise devido à grande quantidade de dados. Rocha e Pereira (2016) em seu estudo, selecionaram parâmetros mais relevantes para o monitoramento da qualidade da água da represa. As informações limnológicas referem-se às análises da água na captação da represa. Por meio das análises estatísticas Análise Fatorial e Análises de Componentes Principais, avaliaram uma série mensal de treze parâmetros fornecidos pela CESAMA, a saber: pH, cor, turbidez, ferro (Fe), manganês (Mn), fósforo total (FT), alcalinidade HCO_3^- , cloreto, dureza, oxigênio consumido (OC), oxigênio dissolvido (OD), condutividade e demanda bioquímica de oxigênio ($\text{DBO}_{5,20}$) referentes ao período entre 1998 a 2012, com exceção dos anos 2003 e 2004. Com a análise multivariada, eliminaram-se cinco parâmetros que não apresentaram variância: dureza, OC, pH, alcalinidade e Mn. Assim, concluíram que a seleção de parâmetros de monitoramento de qualidade da água é importante para o gerenciamento de recursos hídricos. Ainda, as informações alcançadas podem apoiar decisões sobre planejamento e uso da terra, além de reduzir gastos com monitoramento.

A interpretação dos fenômenos que atuam em um corpo d'água pode ser auxiliados por técnicas estatísticas e/ou formas de representação gráfica que consigam explicar as correlações mais relevantes entre as variáveis limnológicas. Com isso, Rocha, Casquin e Pereira (2019), com o objetivo de propor uma representação gráfica das correlações entre variáveis limnológicas aplicadas na bacia de contribuição da Represa Dr. João Penido, em Juiz de Fora, monitoraram seis seções, sendo analisados quinze parâmetros de qualidade da água. Os resultados evidenciaram, novamente, a influência da matéria orgânica na qualidade da água, de origem natural e antrópica, oriundos de escoamento superficial das pastagens e do esgoto doméstico, observando uma piora nos parâmetros de qualidade da água com destaque para o nitrogênio e fósforo, oxigênio consumido, demanda química de oxigênio, turbidez e sólidos totais. Concluíram que o gráfico de correlação auxilia no entendimento da dinâmica entre os parâmetros de qualidade da água do local analisado.

O último trabalho encontrado, um artigo publicado em 2020, mostra a correlação entre o uso da terra e parâmetros de qualidade da água reativos a amostras coletadas mensalmente entre maio de 2012 até dezembro de 2013. Estes dados foram tratados utilizando correlação monótona, relacionando as porcentagens de cada classe de uso da terra (mata, pastagem degradada, pastagem, várzea, represa, eucalipto e urbanização/edificação) até cada seção de

monitoramento com os parâmetros (OD, temperatura, coliformes termotolerantes, pH, BDO, nitrogênio total, nitrato, fósforo total, turbidez, sólidos totais, DQO, condutividade, OC, cloreto, NO₂, NH₄⁺, SiO₃ e PO₄). Foi utilizado o coeficiente de correlação “ρ” de Spearman com os seguintes resultados: a classe Mata Atlântica aumentou o OD e diminuiu Nitrato, Fósforo e ST; o Eucalipto reduziu o OD e aumentou o Nitrato; a Pastagem Degradada (possivelmente abandonada) reduziu Nitrato e Fósforo; a Pastagem aumentou Coliformes, Fósforo e ST e; finalmente, a Classe Urbanização aumentou Coliformes, Turbidez e Condutividade. Vale ressaltar o fato de as classes de uso da terra não serem independentes: o aumento da porcentagem de “Eucalipto” provoca espacialmente uma diminuição das demais classes. Estes resultados, ainda que parciais, apontam para a necessidade de estudos que orientem o poder público sobre os usos menos impactantes em bacias de mananciais (ROCHA *et al.*, 2020)

O Quadro 2 apresenta uma síntese das pesquisas relacionadas à represa.

Quadro 2 – Síntese das pesquisas relacionadas à represa, abordadas na presente pesquisa
(continua)

Pesquisa	Aspectos centrais da pesquisa
Branco e Rocha (1986)	À época, a represa ainda apresentava estado satisfatório quanto à ecologia.
Pereira (1991)	Realiza levantamentos in loco e pesquisa bibliográfica, apresentando os dados de forma descritiva.
Rocha <i>et al.</i> (2014)	Com base em dados referentes ao período entre 2006 a 2012, os autores apontam que a redução da cobertura vegetal com a exposição do solo e o manejo inadequado são os principais fatores de alteração da qualidade da água na captação da represa.
Bucci e Oliveira (2014)	Em estudo realizado entre 2009 e 2010, aponta que o uso e a ocupação do solo na área da bacia hidrográfica da represa não têm sido apropriado para que o manancial seja usado para abastecimento público de Juiz de Fora, apresentando deterioração da qualidade de suas águas.
Bucci <i>et al.</i> (2015)	Apresenta resultados de estudo sobre a qualidade da água fornecida para a população entre o período de 2011 a 2013. Aponta a influência do intemperismo, escoamento superficial e atividades agrícolas na qualidade da água. O estudo mostra parte do diagnóstico ambiental necessário para a elaboração de um plano de manejo para recuperação e preservação do manancial.
Silva (2015)	Com base em 24 meses de monitoramento e cálculo do IQA da água em 6 pontos, concluiu que o resultado não foi bom nos tributários. Na maior parte dos meses foram enquadrados na classe “médio”, e em alguns casos até “ruim”.
Rocha e Pereira (2016)	Com uma base de dados de 13 parâmetros de qualidade da água referentes ao período entre 1998 a 2012 eliminaram 5 que não apresentaram variância. Assim, pelo fato de a seleção de parâmetros de monitoramento de qualidade da água ser importante para o gerenciamento de recursos hídricos e apoiar decisões sobre planejamento e uso da terra, reduz-se gastos com o monitoramento em si.

(conclusão)

Rocha, Casquin e Pereira (2019)	Através de monitoramento da qualidade da água com análise de 15 parâmetros em pontos distribuídos por toda a bacia no período entre 2012 e 2014, fica evidente a influência da matéria orgânica na qualidade da água, de origem natural e antrópica, oriundos de escoamento superficial das pastagens e do esgoto doméstico, observando uma piora nos parâmetros de qualidade da água.
Rocha <i>et al.</i> (2020)	Relaciona parâmetros de qualidade da água com classes de uso e cobertura da terra por meio da correlação “ ρ ” de Spearman. Resultados como, por exemplo, a classe a Mata Atlântica aumentou o OD e diminuiu Nitrato, Fósforo e ST e a Pastagem aumentou Coliformes, Fósforo e ST apontam para a necessidade de estudos que orientem o poder público sobre os usos menos impactantes em bacias de mananciais.

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

As pesquisas citadas consistem em fonte de consulta para a qualidade da água da Represa Dr. João Penido e de sua bacia de contribuição e fornecem também informações sobre a região. Fica evidente através desses estudos que o uso e cobertura da terra impacta a qualidade da água, e por isso a importância de continuar o monitoramento.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O monitoramento qualitativo das águas em reservatórios passa pelo conhecimento das cargas poluentes afluentes, geradas nas bacias hidrográficas contribuintes, e que se traduzem basicamente pelas diferentes atividades socioeconômicas desenvolvidas no território sobre os recursos hídricos (CARNEIRO; ANDREOLI, 2005). Foram feitos levantamentos sobre a área de estudo, assim como dos dados de qualidade da água. O presente trabalho analisou o comportamento dos parâmetros de qualidade da água por localização na bacia e por estação seca (maio a setembro) e chuvosa (outubro a abril), bem como analisou os impactos sobre estes em função de processos de ocupação na BCRJP.

O clima de Juiz de Fora é tropical de altitude, apresentando duas estações bem definidas: uma, que vai de outubro a abril, com temperaturas mais elevadas e maiores precipitações pluviométricas, e outra de maio a setembro, mais fria e com menor presença de chuvas. Segundo a classificação de W. Köppen, a cidade possui um clima Cwa, ou seja, uma clima mesotérmico com verões quentes e chuvosos. A definição de clima tropical de altitude se dá por corresponder a um tipo tropical influenciado pelos fatores altimétricos, por conta de o relevo local apresentar altitudes médias entre 700 e 900m, contribuindo para temperaturas mais amenas (JUIZ DE FORA, 2004). Por isso, uma vez que já existe essa identificação de estações, dividiu-se os dados entre elas a fim de verificar se haveria alguma diferença nos padrões de qualidade da água considerando a sazonalidade.

A escolha por esse manancial e sua bacia de contribuição se deu pela importância da represa para a cidade de Juiz de Fora, bem como a importância de sua manutenção, pelo fato de estar situado dentro do território do município, tendo como vantagem as distâncias menores entre captação, tratamento e a distribuição das águas, resultando em menores perdas, gestão menos complexa e menor custo, quando comparado a mananciais que ocupam outros municípios, como exemplo a represa Chapéu D'Úvas. Destaca-se também que a escolha por esse local foi influenciada pela existência de dados prévios dos parâmetros de qualidade da água. A seguir são apresentadas a localização da BCRJP e sua caracterização, bem como uma descrição dos pontos de amostragem, dos dados de qualidade da água, das classes de uso e cobertura da terra e as análises estatísticas empregadas na presente pesquisa.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

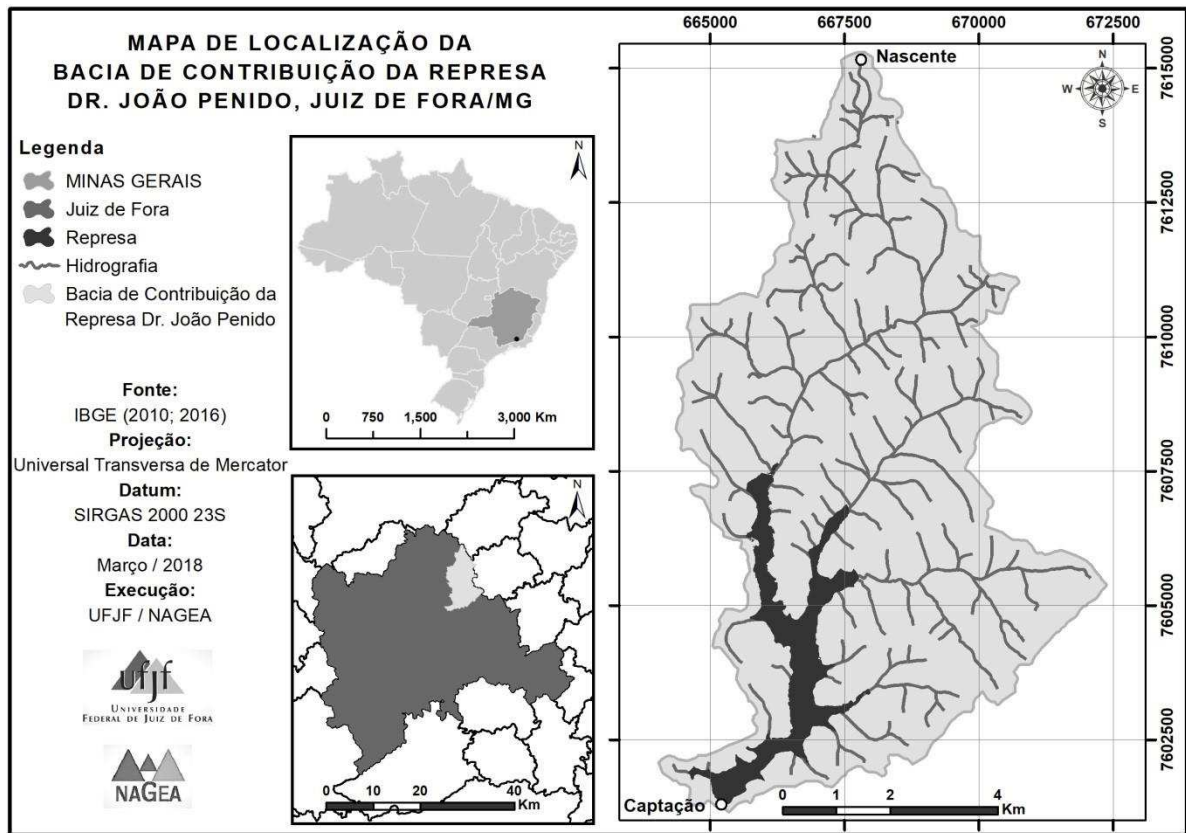
A bacia de contribuição da Represa Dr. João Penido está localizada na zona norte da cidade de Juiz de Fora, estado de Minas Gerais. O clima da região possui duas estações bem definidas, uma estação de chuva que vai de outubro a abril, com temperaturas mais elevadas e maiores índices pluviométricos, e a outra, estação de seca, de maio a setembro, com menor presença de chuva e mais fria (PREFEITURA DE JUIZ DE FORA, 2004).

A represa Dr. João Penido foi construída através do represamento do ribeirão dos Burros, tendo também o córrego Grama e o córrego Vista Alegre como tributários importantes. As obras terminaram em 1934, no governo do prefeito Menelick de Carvalho, sendo uma importante obra de saneamento para o município de Juiz de Fora, e uma das pioneiras no Estado de Minas Gerais. Foi construída com a finalidade exclusiva de servir de reservatório para acumulação de águas para o abastecimento de Juiz de Fora. Atualmente abastece cerca de 50% da cidade (CESAMA, 2019). Devido a sua importância, é de suma relevância a preservação desse manancial.

A BCRJP está contida na bacia hidrográfica do ribeirão dos Burros, que pertence à bacia do rio Paraibuna (PREFEITURA DE JUIZ DE FORA, 2004), que está inserido na Bacia Hidrográfica Paraíba do Sul.

A Figura 1 apresenta o mapa de localização de Juiz de Fora e da BCRJP.

Figura 1 – Mapa de localização da bacia de contribuição da represa Dr. João Penido, Juiz de Fora - MG



Fonte: ROCHA, CASQUIN E PEREIRA, 2019.

A barragem mede 11,5 metros de altura e 80 metros de comprimento. A área da bacia de contribuição é de aproximadamente 59,5 Km² (ROCHA, CASQUIN; PEREIRA, 2019) e o volume armazenado de água no reservatório é de aproximadamente 16 bilhões de litros. A vazão regularizada da represa possui capacidade para até 800 litros por segundo (CESAMA, 2019).

O Quadro 3 apresenta as características do reservatório.

Quadro 3 – Características do manancial

Características da represa Dr. João Penido	
Comprimento máximo	7,25 km
Largura máxima	1,70 km
Profundidade máxima	10,90 m
Profundidade média	10 m
Área de superfície	3,70 km ²
Perímetro	17,80 km

Fonte: CESAMA, 2019.

Conforme caracterizado no Quadro 3, o reservatório apresenta um comprimento bem maior que sua largura, mostrando que é alongado. Straškraba e Tundisi (2013) apresentam as categorias de reservatórios, em função do tamanho. Um reservatório com área entre $1 - 10^2$ (km²) e volume entre $10^6 - 10^8$ (m³) pertence à categoria “pequeno”, que é o caso da represa Dr. João Penido.

4.2 PONTOS DE AMOSTRAGEM

São dois conjuntos de dados sobre a qualidade da água utilizados nessa pesquisa: um conjunto formado pelos dados fornecidos pelo NAGEA e outro conjunto referente às leituras realizadas pela autora.

Os pontos foram escolhidos pela equipe do NAGEA, em período anterior a maio de 2012 e atendem aos critérios estabelecidos pela ANA (2011). A seleção é apresentada no trabalho de Silva (2015):

A seleção dos pontos contou com estudo locacional através de ferramentas gratuitas como Google Earth, dados disponibilizados pelo IBGE, da Carta de uso e cobertura da Terra da BCRJP (Figura 10 – pag. 44), diversas idas a campo para reconhecimento da área e opinião de vários membros associados ao NAGEA – Núcleo de Análise Geo Ambiental. Procuraram-se diferentes fisionomias (e seus possíveis impactos sobre as águas), objetivando mensurar a mais fidedigna contribuição dos tributários para a Represa Dr. João Penido. Com o auxílio de um GPS modelo Garmin GPSmap 76CSx obtivemos as coordenadas geográficas dos pontos amostrais, no Datum horizontal WGS-84 (SILVA, 2015, p. 33).

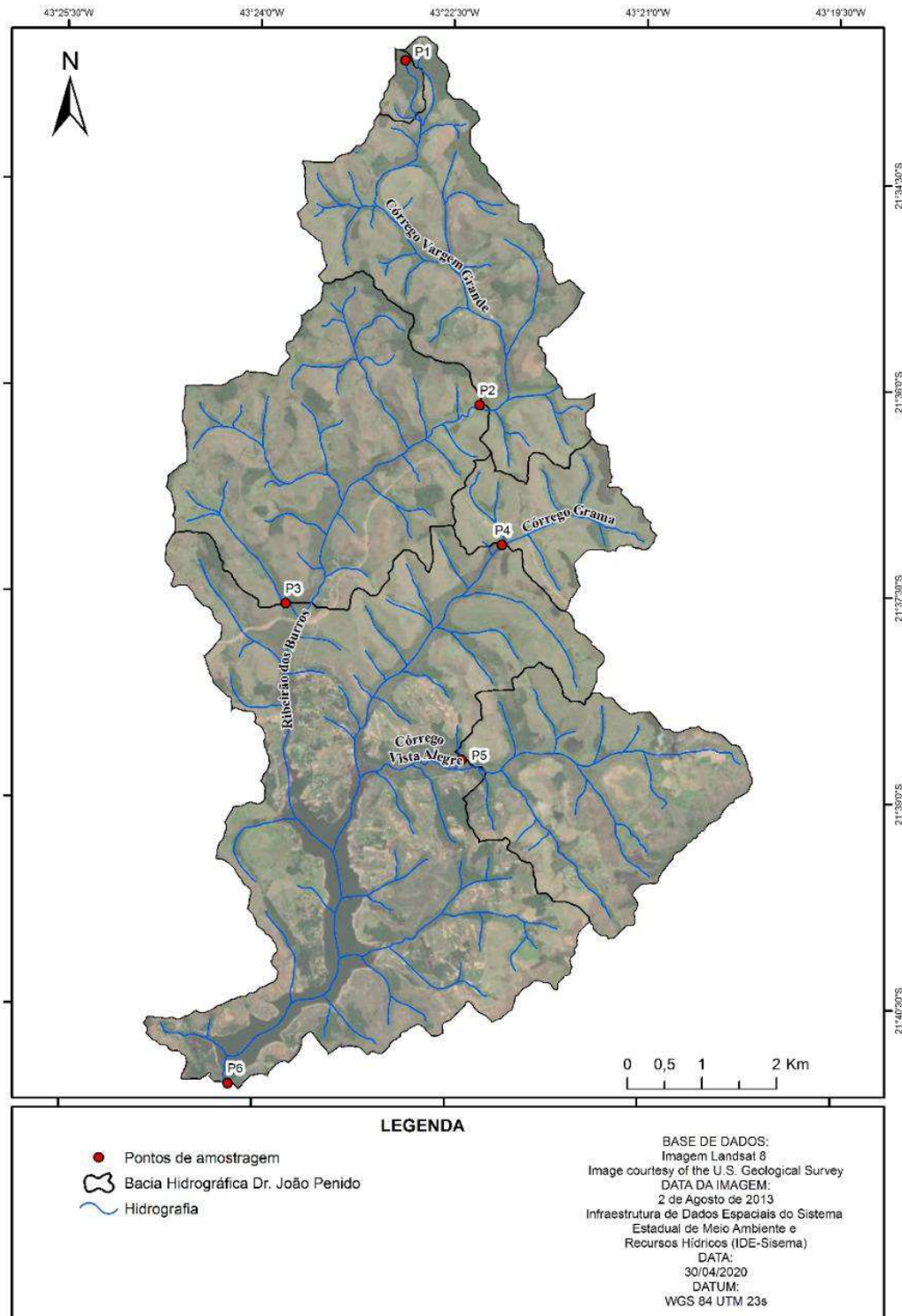
O Quadro 4 apresenta os pontos de amostragem na BCRJP, aqueles escolhidos pela equipe do NAGEA, que coincidem com os pontos desta pesquisa, e a Figura 2 ilustra os principais tributários, assim como a localização dos pontos.

Quadro 4 – Pontos de amostragem na BCRJP – Coordenadas no sistema UTM, datum SIRGAS2000, zona 23K

Ponto	X	Y	Descrição
P1	667601	7614960	Nascente do córrego Vargem Grande
P2	668961	7610333	Médio curso do ribeirão dos Burros
P3	665994	7607674	Exutório do ribeirão dos Burros
P4	668896	7608454	córrego Grama
P5	668350	7605570	Exutório do córrego Vista Alegre
P6	665212	7601233	Captação

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Figura 2 – Principais tributários da BCRJP e pontos de amostragem, Juiz de Fora – MG



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

A Figura 3 apresenta uma fotografia do ponto amostral P1 representando a nascente do córrego Vargem Grande (debaixo da pedra) com diversas plantas.

Figura 3 – Fotografia do P1



Fonte: Autora, 10/03/2020.

A Figura 4 apresenta uma fotografia do ponto amostral P2, localizado no médio curso do ribeirão dos Burros, sendo o reflexo das condições da água proveniente da nascente e sujeita aos efeitos do uso e cobertura da terra de uma sub-bacia em área rural. Diferentemente dos pontos P3, P4 e P5, o P2 não é um exutório.

A Figura 5 apresenta uma fotografia do ponto amostral P3, que representa o exutório do ribeirão dos Burros na represa, sendo o tributário que mais contribui com ela (maior vazão), segundo Silva (2015). Está situado em uma passagem de água sob a antiga estrada Elias José Mockdeci e atual Rodovia AMG-3085 situada no bairro Barreira do Triunfo, Juiz de Fora – MG.

Figura 4 – Fotografia do P2



Fonte: Autora, 10/03/2020.

Figura 5 – Fotografia do P3 evidenciando bueiro duplo sob a Rodovia AMG-3085



Fonte: Autora, 10/03/2020.

A Figura 6 apresenta uma fotografia do ponto amostral P4, que está localizado próximo a uma propriedade particular, trocando o pontilhão de madeira pelo bueiro triplo tubular de concreto sob a Rodovia AMG-3085.

Figura 6 – Fotografia do P4, evidenciando sua proximidade com a Rodovia AMG-3085



Fonte: Autora, 10/03/2020.

A Figura 7 apresenta uma fotografia do ponto amostral P5, que assim como o P4, localiza-se em uma região muito plana e suas águas possuem pequena velocidade. O ponto amostral fica na estrada do Condomínio Enseada, no Bairro Grama, Juiz de Fora – MG.

Por fim, a Figura 8 apresenta uma fotografia do ponto amostral P6. Os dados relacionados a esse ponto representam a água que será tratada na Estação de Tratamento de Água (ETA) Marechal Castelo Branco, tendo em vista a proximidade com o ponto de captação da Cesama. Essa ETA passou, em 2018, a receber água da Represa de Chapéu D´uvas de forma a poupar o manancial em análise.

Figura 7 – Fotografia do P5 evidenciando a presença de *Typha domingensis* (taboa)



Fonte: Autora, 10/03/2020.

Figura 8 – Fotografia do P6 evidenciando a captação



Fonte: Autora, 10/03/2020.

4.3 DADOS SOBRE QUALIDADE DA ÁGUA DA BCRJP

O primeiro conjunto de dados, fornecidos pelo Nagea, são referentes às coletas realizadas mensalmente entre maio de 2012 e outubro de 2014; em dezembro de 2014; em março de 2015 e duas coletas no mês de abril de 2015, totalizando 34 (trinta e quatro) coletas. As coletas foram realizadas nos 6 (seis) pontos amostrais dispostos na BCRJP, descritos em 4.2. As amostras foram coletadas por uma equipe do Nagea, normalmente composta por 4 (quatro) integrantes. Os procedimentos em campo foram norteados pelo Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras – ANA (2011). Em cada ponto amostral foram coletados 5 litros de água para posterior análise dos parâmetros. As análises foram realizadas no LADINAA (Laboratório Dinâmico de Análise Ambiental) e LEA (Laboratório de Ecologia Aquática), ambos da Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF. Os procedimentos laboratoriais adotados seguiram os descritos no APHA (2012). Já as análises de coliformes foram realizadas em laboratório privado.

Os parâmetros referentes a este primeiro conjunto de dados estão listados na Tabela 1. A tabela informa também o número de observações (Nº obs) registrados para cada parâmetro de qualidade da água, por ponto amostral, pois nem todas as coletas apresenta análise de todos os parâmetros.

Tabela 1 – Parâmetros de qualidade da água da BCRJP – 2012 a 2015 – Dados fornecidos pelo Nagea

(continua)

Parâmetro	Unidade	Nº obs	Nº obs	Nº obs	Nº obs	Nº obs	Nº obs
		P1	P2	P3	P4	P5	P6
Temperatura	°C	30	30	30	30	30	30
pH	pH	32	32	32	32	32	32
Sólidos totais (ST)	mg.L ⁻¹	28	28	28	28	27	28
Condutividade elétrica (Cond)	µS.cm ⁻¹	31	32	30	31	32	31
Turbidez (Turb)	UNT	32	32	32	32	32	32
Silicato (SiO ₃)	mg.L ⁻¹	27	27	27	27	27	28
OD	mg.L ⁻¹	32	32	28	24	30	30
OC	mg.L ⁻¹	28	28	28	28	28	26
DQO	mg.L ⁻¹	25	25	26	26	24	25
DBO	mg.L ⁻¹	30	30	30	30	30	30
Nitrato (NO ₃)	mg.L ⁻¹	32	32	32	32	32	32
Nitrito (NO ₂)	mg.L ⁻¹	32	32	32	32	32	32
Amônia (NH ₄)	mg.L ⁻¹	32	32	32	32	32	32
Nitrogênio orgânico	mg.L ⁻¹	32	32	32	32	32	32

								(conclusão)
Nitrogênio total (NT)	mg.L ⁻¹	32	32	32	32	32	32	32
Fósforo total (FT)	mg.L ⁻¹	31	32	32	31	32	32	32
<i>E. Coli</i>	NPM.100 ml ⁻¹	15	15	16	15	15	15	16

pH: potencial hidrogeniônico; OD: oxigênio dissolvido; OC: oxigênio consumido; DQO: demanda química de oxigênio; DBO: demanda bioquímica de oxigênio; *E. Coli*: *Escherichia Coli*

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

O segundo conjunto de dados se refere às leituras *in loco* feitas pela autora e integrantes do Nagea no desenvolvimento desta pesquisa. Entre os anos de 2019 e 2020 foram realizados quatro trabalhos de campo nos mesmos seis pontos da BCRJP.

Foi utilizada uma sonda multiparamétrica YSI e um turbidímetro portátil Hanna do Nagea / UFJF. As leituras foram realizadas nos dias 03 de setembro e 17 de setembro de 2019, 11 de fevereiro e 10 de março de 2020. O deslocamento rodoviário se iniciava por volta de 7h 30min da manhã partindo da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora. As leituras se iniciavam no ponto P6, em seguida, através da Rodovia AMG-3085 eram realizadas as leituras no ponto P3. Por estradas vicinais, foi possível chegar até o ponto P2 e posteriormente até próximo ao ponto P1, onde era necessária uma caminhada mata adentro para localizar a nascente (debaixo de uma pedra). Após retornar em direção à Rodovia AMG-3085 e pegar uma continuação da mesma rumo à MG-353, passa-se pelo ponto P4. Por fim, pela estrada MG-353, em direção à cidade de Juiz de Fora, acessando uma via (estrada para a fazenda Vista Alegre) no trevo próximo ao hospital Dr. João Penido até o condomínio Enseada, chega-se ao ponto P5.

Os parâmetros medidos por equipamento estão listados no Quadro 5. O Quadro 6 apresenta se houve ou não ocorrência de chuva nas 48 horas anteriores à coleta. E a tabela 2 apresenta as datas e horários de leitura por ponto de amostragem.

Quadro 5 – Parâmetros de qualidade da água por equipamento

Parâmetro	Unidade	Equipamento
Temperatura	°C	Sonda multiparamétrica YSI
Oxigênio dissolvido	mg.L ⁻¹	Sonda multiparamétrica YSI
Condutividade elétrica	μS.cm ⁻¹	Sonda multiparamétrica YSI
Sólidos dissolvidos totais	mg.L ⁻¹	Sonda multiparamétrica YSI
Potencial hidrogeniônico	pH	Sonda multiparamétrica YSI
Turbidez	UNT	Turbidímetro portátil Hanna

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Quadro 6 – Ocorrência ou não de chuvas por data de amostragem

Data	Chuva (48h)
03/09/2019	Não
17/09/2019	Não
11/02/2020	Sim
10/03/2020	Sim

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Tabela 2 – Data e horário de coleta por ponto de amostragem

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
03/09/2019	11:34	10:29	09:58	12:30	13:05	08:52
17/09/2019	10:30	09:35	09:18	11:16	12:00	08:44
11/02/2020	11:05	09:59	09:34	12:01	13:28	08:37
10/03/2020	10:48	09:30	09:12	11:45	13:55	08:30

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Os dados desse segundo conjunto, assim como os do primeiro, foram organizados e tabelados no Microsoft Office Excel. Foi feita, também, uma análise exploratória inicial, de forma a organizar os dados por parâmetro, por estação (seca = 03 de setembro e 17 de setembro de 2019; chuva = 11 de fevereiro e 10 de março de 2020) e por ponto de amostragem. Por meio do software R foram plotados gráficos de pontos com os resultados das 4 leituras nos pontos amostrais.

Os dados de ocorrência ou não de chuva das 48 horas anteriores à coleta foram obtidos a partir de estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Segundo Oliveira (2018) “a ocorrência de chuvas pode influenciar aspectos como o arraste de materiais para os corpos hídricos, a diluição de poluentes e o revolvimento do fundo dos tributários e da represa”.

4.4 USO E COBERTURA DA TERRA NA BCRJP

Para o entendimento dos mapas de uso e cobertura da terra que serão apresentados, alguns conceitos tornam-se necessários. Utilizou-se o manual de uso e cobertura da terra do IBGE (2013) como trabalho norteador das definições utilizadas nessa dissertação e da elaboração do mapa.

Considera-se nessa pesquisa o termo “terra” conforme a definição:

segmento da superfície do globo terrestre definido no espaço e reconhecido em função de características e propriedades compreendidas pelos atributos da biosfera, que sejam razoavelmente estáveis ou ciclicamente previsíveis,

incluindo aquelas de atmosfera, solo, substrato geológico, hidrologia e resultado da atividade do homem” (FAO, 1976 *apud* IBGE, 2013, p. 43).

A definição inclui, portanto, entre suas características, não apenas o solo, mas também outros atributos físicos, como o relevo, vegetação, suprimento de água (clima), etc.

Considera-se “uso da terra”:

uma série de operações desenvolvidas pelos homens, com a intenção de obter produtos e benefícios, através do uso dos recursos da terra (BIE; LEEUWEN; ZUIDEMA, 1996) ou seja, a atividade do homem que se acha diretamente relacionada com a terra (CLAWSON; STEWART, 1965 *apud* ANDERSON *et al.*, 1979 p. 20). O uso da terra está relacionado com a função socioeconômica (agricultura, habitação, proteção ambiental) da superfície básica” (BOSSARD; FERANEC; OTAHEL, 2000, p. 15, tradução nossa) (IBGE, 2013, p. 43).

Por “cobertura da terra” são considerados “os elementos da natureza como a vegetação (natural e plantada), água, gelo, rocha nua, areia e superfícies similares, além das construções artificiais criadas pelo homem, que recobrem a superfície da terra”. (BIE; LEEUWEN; ZUIDEMA, 1996; BURLEY, 1961 *apud* ANDERSON *et al.*, 1979, p. 20, *apud* IBGE, 2013, p. 44).” Os conceitos atribuídos à cobertura e ao uso da terra têm uma próxima relação entre si. Comumente as atividades humanas estão diretamente relacionadas com o tipo de revestimento do solo, seja ele florestal, agrícola, residencial ou industrial.

Dessa forma, tendo compreendido essas definições, e através do estudo do manual de uso e cobertura da terra do IBGE (2013) foram definidas as classes usadas nesta pesquisa. O conhecimento da BCRJP foi importante também para realizar uma boa classificação. As classes foram definidas a partir de uma observação da paisagem por meio de imagens da região estudada por meio do programa Google Earth Pro, e outros trabalhos relacionados (RIBEIRO, 2012; CASQUIN, 2016; OLIVEIRA, 2018; ROCHA, FREITAS; CASQUIN, 2019).

O Quadro 7 apresenta as classes usadas nesta pesquisa e suas descrições.

Quadro 7 – Classes de uso e cobertura da terra (continua)

Classe	Descrição
1. Área urbanizada	“Compreendem áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, onde predominam as superfícies artificiais não agrícolas” (IBGE, 2013). Foram consideradas nessa pesquisa além de residências, as obras de infraestrutura (estradas pavimentadas e áreas impermeabilizadas).

(conclusão)

2. Pastagem	Na BCRJP foi considerado o solo coberto por vegetação de gramíneas. Em geral, usada para pastagem, que segundo IBGE (2013), essa classe corresponde “à área destinada ao pastoreio do gado, formada mediante plantio de forragens perenes ou aproveitamento e melhoria de pastagens naturais. Nestas áreas, o solo está coberto por vegetação de gramíneas e/ou leguminosas, cuja altura pode variar de alguns decímetros a alguns metros”.
3. Solo exposto	As áreas de solo exposto constituem em não apresentar nenhum tipo de cobertura, ou seja, apresentam-se desnudas (RIBEIRO, 2012). As áreas sem cobertura vegetal ou edificação e que não estão inundadas foram consideradas nessa classe. Na BCRJP foi considerada também como solo exposto estrada não pavimentada.
4. Pasto sujo	As áreas da classe pasto sujo correspondem àquelas que estão em estado de regeneração e sendo ocupadas por espécies herbáceas e arbustivas, provavelmente pelo abandono da área de pastagem (RIBEIRO, 2012). É uma classe intermediária entre a pastagem e a vegetação arbórea. Localizam-se tanto nas partes altas do relevo como também nas áreas de baixada sujeitas à inundação.
5. Vegetação arbórea	A classe “áreas de vegetação natural” proposta por IBGE (2013), compreende um “conjunto de estruturas florestais e campestres, abrangendo desde florestas e campos originais (primários) e alterados até formações florestais espontâneas secundárias, arbustivas, herbáceas e/ou gramíneo-lenhosas, em diversos estágios sucessionais de desenvolvimento, distribuídos por diferentes ambientes e situações geográficas.” Na área estudada foi considerado remanescente de Mata Atlântica. Através da imagem não foi possível separar os diferentes estados sucessionais, nem tampouco variações fitossociológicas. Assim, nessa classe, foram consideradas as culturas de eucalipto também.
6. Várzea	Essa classe corresponde “às áreas que geralmente se apresentam próximas aos reservatórios de água e dos cursos naturais dos rios ou acompanhando a rede de drenagem. Geralmente, localizam-se nas partes mais baixas” (RIBEIRO, 2012). Na BCRJP, são as regiões de várzea dos cursos d’água. É associada à presença de massas d’água.
7. Represa	Para a classe “águas” proposta por IBGE (2013), incluem “todas as classes de águas interiores e costeiras, como cursos de água e canais, corpos d’água naturalmente fechados, sem movimento e reservatórios artificiais, além das lagoas costeiras ou lagoas, estuários e baías.” No caso da área estudada tem-se a represa Dr. João Penido.

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Para a elaboração dos mapas de uso e cobertura da terra foram obtidas duas imagens do satélite Landsat 8 da região estudada. Uma imagem é da data de 02/08/2013, data escolhida por estar dentro do período de dados fornecidos pelo Nagea, e a outra é da data de 28/07/2019, por estar dentro do período relativo às leituras feitas pela autora e integrantes do Nagea, conforme descrito na seção 4.3. A escolha das datas das imagens se deu por ser um período com menos nuvens, estando assim as imagens mais claras para interpretação dos objetos nelas contidos.

Através do programa Impact toolbox¹, foi executada uma classificação automática, agrupando em classes os objetos que apresentam similaridade em suas respostas espectrais. O objetivo desta ferramenta é oferecer um produto de classificação baseado em pixel para ser usado em etapas de processamento, como segmentação e mapeamento da cobertura do solo, resultando em um mapa temático, no qual cada grupo de pixel da imagem original foi classificado em uma das classes definidas. Em seguida foi realizada uma revisão da classificação automática por grupos de pixel de forma manual através de observação de imagem georreferenciada do Google Earth de mesma data, a fim de corrigir eventuais erros. Para tal, foi utilizado o programa Arcgis 10.3 para a transformação da imagem RASTER gerada em formato SHAPEFILE em que foi possível editar as classes previamente definidas.

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

O primeiro conjunto de dados, aqueles fornecidos pelo Nagea, referentes aos parâmetros da Tabela 1 foram organizados e tabelados no Microsoft Office Excel e software R. Foi feita uma análise exploratória inicial, de forma a organizar os dados por parâmetro, por ano, por ponto de amostragem e por estação (seca/chuva) sendo a estação seca nos meses de maio a setembro, e, estação de chuva nos meses de outubro a abril. No software R foi analisada a distribuição dos parâmetros para definir o melhor teste a ser utilizado. Após a análise, verificou-se que os parâmetros não apresentavam uma normalidade em sua distribuição. Justificando assim o uso de um teste não paramétrico.

Com o objetivo de reduzir o número de parâmetros a serem analisados, de forma que a análise da qualidade da água da BCRJP, a partir dos resultados deste estudo seja mais simples e com menor custo, foi realizada uma análise de agrupamentos (Cluster Analysis). A partir do dendograma, pode-se então escolher os parâmetros que melhor representassem determinados grupos de variáveis. Agrupar as variáveis consiste em reconhecer entre elas um grau de similaridade suficiente para reuni-las num mesmo conjunto. Esta técnica também foi usada por Sabino, Lage e Noronha (2017) e por Oliveira (2018) para selecionar parâmetros de qualidade da água a serem usados nas suas pesquisas a partir de um conjunto maior de dados. Bufon e Landim (2007) utilizou essa técnica para agrupar os mesmos parâmetros de qualidade da água em estação seca e em estação chuvosa para analisar se houve comportamento diferente entre as estações.

¹ Copyright (c) 2015, European Union; All rights reserved.

Após feita a análise de agrupamentos, e selecionados os parâmetros a serem discutidos, os dados foram processados conforme estação e localização no software R. Para processar os dados conforme localização utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis (KW) para um nível de significância de 5%. É um teste não-paramétrico utilizado para comparar três ou mais populações. O objetivo foi comparar as medidas de posição das amostras, neste caso leituras nos pontos, e verificar se existem diferenças significativas entre os resultados. Esse teste foi usado por Meneses *et al.* (2016), que utilizou para testar se há diferença nas variáveis de qualidade da água entre os 10 locais de amostragem na Represa Billings, em São Paulo. Para processar os dados conforme estação (seca/chuva) foi utilizado o mesmo teste.

A fim de analisar se há relação entre a o uso e cobertura da terra com a qualidade da água, foi realizada uma análise dos dados, relacionando as porcentagens de classe de uso e cobertura da terra em cada sub bacia com os dados dos parâmetros de qualidade da água selecionados em cada ponto amostral. No software R foi analisada a distribuição dos parâmetros para definir o melhor teste a ser utilizado. Após a análise, verificou-se que os parâmetros não apresentavam uma normalidade em sua distribuição, o que justifica o uso de um teste não paramétrico. O teste de correlações não paramétricas, tau de Kendall, foi aplicado utilizando o mesmo software R. Esse mesmo teste também foi utilizado por Jia, Bian e Wang (2018) para correlacionar índices de poluição de águas subterrâneas e o uso da terra. O tau de Kendall assumirá valores entre -1 (correlação negativa) e +1 (correlação positiva). O valor de tau de Kendall igual a zero ou próximo a zero significa que o número de valores subsequentes maiores deve ser aproximadamente igual o número de valores subsequentes menores. Portanto, não existem tendências nos dados (PATRA *et al.*, 2018). Além do tau de Kendall, foram calculados os p-valores (com nível de significância de 5%) para cada combinação de uso e cobertura da terra e parâmetros de qualidade da água. Rocha *et al.* (2020) utilizaram um método semelhante a este em que calculou o “ ρ ” de Spearman para analisar a dinâmica de parâmetros limnológicos e uso e cobertura da terra. Esse método também é similar ao “R” de Pearson, usados por Vanzela, Hernandez e Franco (2010) e Buck, Niyogi e Townsend (2004) para correlacionar uso da terra com qualidade de água superficial.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados foram divididos em cinco partes de acordo com os objetivos propostos: a primeira consiste na apresentação do mapa de uso e ocupação da terra na BCRJP em 2013, que servirá de base para a quarta parte; a segunda apresenta a seleção de parâmetros dos dados fornecidos pelo Nagea através da análise de agrupamentos (dados entre 2012 e 2015); a terceira parte traz uma discussão do comportamento dos parâmetros selecionados segundo localização, estação seca e chuva e seu atendimento à legislação; na quarta parte é apresentada a correlação dos parâmetros selecionados com as classes de uso e cobertura da terra em 2013; e por fim, na quinta parte há a identificação da situação da BCRJP com apresentação do mapa de uso e cobertura da terra em 2019 e dos parâmetros individuais relacionados às leituras realizadas *in loco* pela autora entre os anos de 2019 e 2020, verificando se os mesmos atendem ao preconizado na Resolução Conama nº 357/2005 (BRASIL, 2005).

5.1 USO E COBERTURA DA TERRA NA BCRJP

O mapa de uso e cobertura da terra na BCRJP relativo no ano de 2013 foi elaborado para analisar as associações existentes entre as porcentagens de classes de uso e cobertura da terra nas sub-bacias de cada ponto amostral e os resultados dos parâmetros de qualidade da água selecionados a partir dos dados fornecidos pelo Nagea. O mapa é apresentado na Figura 9.

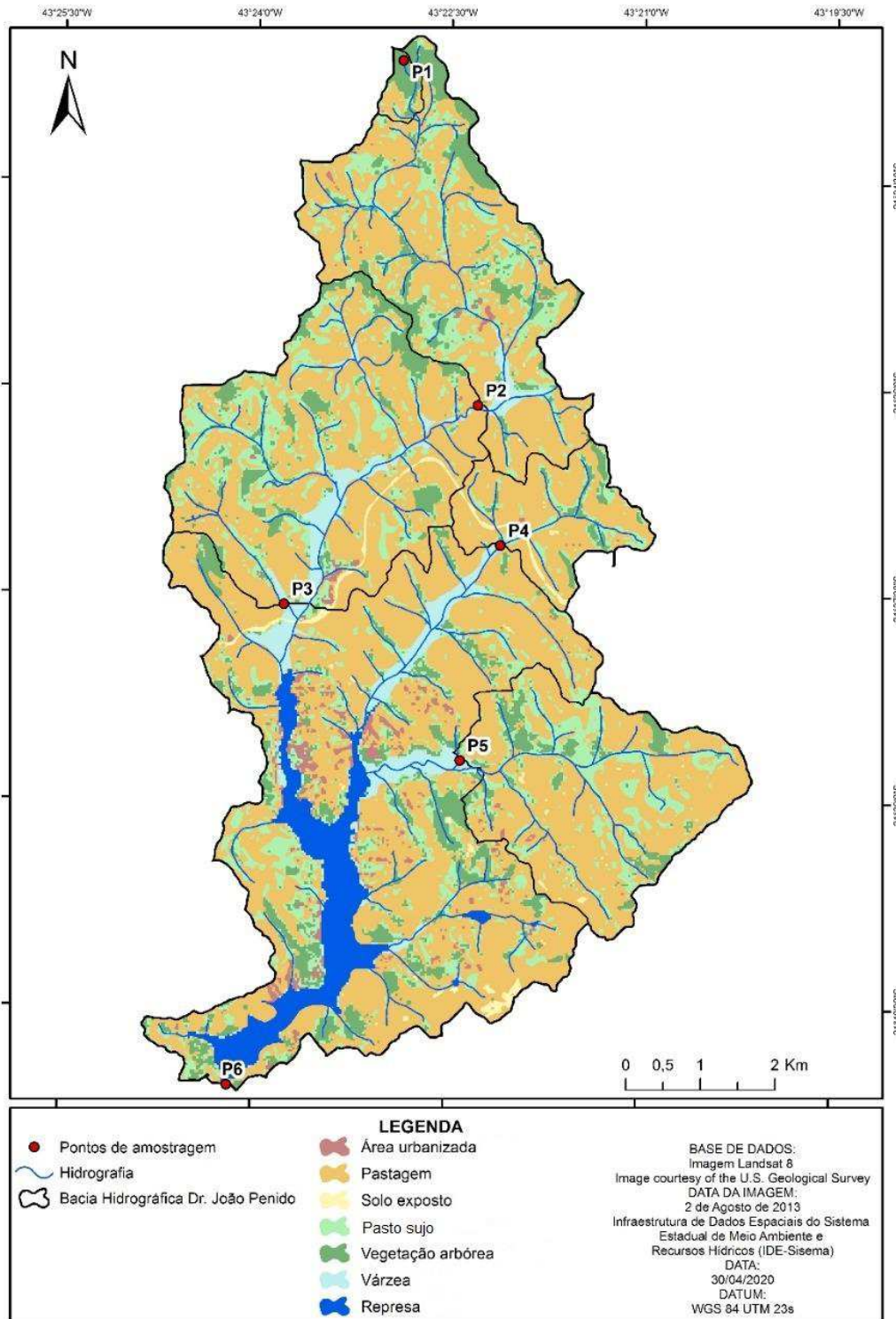
Além das classes, o mapa apresenta também a delimitação da bacia de contribuição, a localização dos pontos amostrais na bacia e as sub-bacias de cada ponto. O mapa foi gerado com imagens disponíveis ao público e com a base de dados pertencente ao Nagea.

A delimitação da bacia de contribuição, fornecida pelo Nagea, foi obtida através da base de dados cedida pela Prefeitura de Juiz de Fora (voo aerofotogramétrico de junho de 2007). Já as sub-bacias de cada ponto amostral, também da base de dados do Nagea, foram geradas através do software ESRI ArcGIS 10.2, com o uso da ferramenta Hidrology, a partir das curvas de nível do Light Detection And Ranging (LIDAR) da Prefeitura de Juiz de Fora.

A rede hidrográfica foi obtida a partir da Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sisema), instituída pela Resolução Conjunta SEMAD/FEAM/IEF/IGAM nº 2.466/2017.

A localização dos pontos foi aquela apresentada na seção 4.2.

Figura 9 – Mapa de uso e cobertura da terra da BCRJP – 2013



Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

A área ocupada por classe e o percentual que cada uma representa na área total da BCRJP são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Classes de uso e cobertura da terra na BCRJP – área absoluta e percentual – 2013

Classe	Área (km²)	Área (%)
TOTAL	59,482	100,00
Pastagem	36,089	60,672
Pasto Sujo	10,638	17,884
Vegetação arbórea	6,296	10,585
Represa	2,671	4,490
Várzea	2,316	3,894
Área urbanizada	0,977	1,643
Solo exposto	0,495	0,832

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

A sub bacia do ponto P01 possui área aproximada de 0,4 km², o que corresponde a 0,662% da área total da BCRJP. A sub bacia do ponto P02 engloba a sub-bacia do ponto P1, tendo em vista que toda a água drenada neste ponto passará pelo ponto P2. Possui área aproximada de 10,17 km², o que corresponde a 17,10% da área total da BCRJP. A sub bacia do ponto P3 compreende também as sub-bacias dos pontos P1 e P2 e possui área aproximada de 22,53 km², o que corresponde a 37,87% da área total da BCRJP. A sub bacia do ponto P4 possui área aproximada de 3,22 km², o que corresponde a 5,41% da área total da BCRJP. A sub bacia do ponto P05 possui área aproximada de 8,18 km², o que corresponde a 13,69% da área total da BCRJP. O ponto de amostragem P6 está localizado na captação da represa, logo, sua sub-bacia é na verdade toda a BCRJP. A sub-bacia possui, então, área aproximada de 59,482 km², o que corresponde a 100% da área total da BCRJP.

A fim de fazer as análises estatísticas de correlação da qualidade da água com o uso e a cobertura da terra, foi considerado um recorte da área das sub-bacias dos pontos P2, P3 e P6, excluindo as sub-bacias de montante, conforme apresentado na Figura 9. A exclusão se deu pelo fato de que se as sub-bacias de montante fossem consideradas, as sub-bacias de jusante seriam linearmente dependentes delas, causando prejuízo na análise estatística que foi realizada. Outra consequência, que também prejudica as correlações, seria a pouca variabilidade dos dados de uso e cobertura da terra. Assim, a Tabela 4 apresenta a área que as sub-bacias dos pontos amostrais P1, P4 e P5 possuem, a área dos recortes P2, P3 e P6 e o percentual que cada uma representa na área total da BCRJP.

Tabela 4 – Sub bacias dos pontos amostrais – área absoluta e percentual – 2013

Sub Bacia	Área (km²)	Área (%)
P1	0,394	0,662
P2	9,775	16,434
P3	12,358	20,776
P4	3,219	5,412
P5	8,175	13,743
P6	25,561	42,973

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

A área ocupada por classe e o percentual que cada uma apresenta na área total de cada sub-bacia são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Área em km² e em % de cada classe de uso e cobertura da terra nas sub-bacias de cada ponto amostral

Classe	Sub-bacia P1		Sub-bacia P2*		Sub-bacia P3*		Sub-bacia P4		Sub-bacia P5		Sub-bacia P6*	
	Área		Área		Área		Área		Área		Área	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Pastagem	0,129	32,741	6,064	62,036	7,574	61,288	2,329	72,352	5,568	68,110	14,426	56,438
Pasto sujo	0,060	15,228	2,29	23,427	2,613	21,144	0,507	15,750	1,825	22,324	3,343	13,079
Vegetação arbórea	0,204	51,777	1,319	13,493	1,298	10,503	0,265	8,232	0,697	8,526	2,512	9,827
Represa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,671	10,450
Várzea	0,000	0,000	0,025	0,256	0,684	5,535	0,005	0,155	0,022	0,269	1,580	6,181
Área urbanizada	0,001	0,254	0,069	0,707	0,071	0,575	0,007	0,217	0,029	0,355	0,800	3,129
Solo exposto	0,000	0,000	0,008	0,082	0,118	0,955	0,106	3,293	0,034	0,416	0,229	0,896

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Analisando o mapa de uso e cobertura da terra da BCRJP e a Tabela 5 é possível verificar que a bacia é ocupada em sua maior parte por áreas de pastagem. Outro ponto a se observar é a maior parte da área urbanizada estar na sub-bacia do ponto P6, especialmente nas margens da represa, ocupando em alguns casos, áreas de preservação permanente (APP), situação observada também por Rocha, Freitas e Casquin (2019). A sub-bacia do ponto P1 é a que apresenta maior proporção de vegetação arbórea.

Sobre o uso e cobertura da terra na BCRJP é importante destacar a Rodovia AMG-3085, que tem seu traçado no mapa na classe “solo exposto”. Em 2013 iniciou-se a sua construção, que constitui acesso rodoviário ao aeroporto Regional da Zona da Mata, entre os municípios de Juiz de Fora e Coronel Pacheco, ligando a rodovia BR-040 à rodovia MG-353. O traçado da rodovia apresenta trecho que atravessa os dois principais afluentes da represa, o ribeirão dos Burros e o córrego Grama. As obras foram de responsabilidade do Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem (DEER/MG) e o seu processo de licenciamento ambiental teve início em 2008. Em 26 de agosto de 2013, conforme disposto no parecer único do licenciamento do empreendimento, a licença foi aprovada e concedida na 101ª Reunião Ordinária da Unidade Regional Colegiada Zona da Mata (URC/ZM). A BCRJP sofreu grande pressão antrópica com a construção da rodovia, com muita movimentação de terra e desvio do seu curso. Ainda, apesar das medidas mitigadoras e compensatórias exigidas no processo de licenciamento ambiental, acredita-se que os impactos negativos sobre a bacia de contribuição da represa sejam inevitáveis. Sua construção induzirá ocupação antrópica a médio e longo prazo (ROCHA, CASQUIN; PEREIRA, 2019; BUCCI, 2015; ROCHA; PEREIRA, 2016).

Ao cruzar a BCRJP, a rodovia pode causar problemas para o manancial em caso de acidentes ou até em função do seu uso rotineiro. A estrada foi liberada para uso em 2017², no entanto, em data anterior ao início das obras de condicionantes ambientais previstas no licenciamento para sua implantação. As obras são: construção de caixas coletoras, canaletas e barreiras do tipo “new jersey”. Em entrevista em Jornal Tribuna de Minas em 07 de setembro de 2018, o engenheiro e coordenador do Nagea, César Henrique Barra Rocha, alertou que a liberação da estrada para uso só poderia acontecer após o fim das obras:

Essas intervenções deveriam ser feitas antes de liberar a operação da estrada. Atualmente, se acontecer um acidente, o líquido do veículo que porventura venha a se acidentar vai direto para a água da represa. Há um risco muito

² Obra concluída – Implantação e pavimentação da AMG-3085 – acesso Juiz de Fora
<http://transportes.mg.gov.br/component/gmg/action/118-obras-em-andamento-goiana-entr-mg-353-aeroporto-barreira-do-triunfo-entr-br-040>

grande de acontecer esse tipo de evento, e nós em Juiz de Fora não temos tecnologia para conseguir separar um líquido poluente de uma água comum. (OBRAS..., 2018).

As obras tinham previsão de serem terminadas em um ano, no entanto, foram paralisadas, fazendo com que o Vereador Marlon Siqueira entrasse com uma representação ao DEER/MG em janeiro de 2019, com o objetivo de cobrar a retomada das intervenções, visto que estavam previstas de serem construídas ao longo de nove quilômetros, e só havia dois quilômetros executados (VEREADOR..., 2019).

Outra reportagem de janeiro de 2020, mais de um ano após o início das obras de proteção do manancial, aponta que as obras continuam interrompidas (OBRAS..., 2020). A Figura 10 apresenta uma canaleta destinada ao escoamento de água e de outros produtos que podem escorrer pela via, no entanto, ainda falta a instalação da caixa coletora. Assim, todo o líquido que cai no asfalto é drenado diretamente para o manancial.

Figura 10 – Canaleta destinada ao escoamento de água e outros produtos, sem caixa coletora



Fonte: (OBRAS..., 2020).

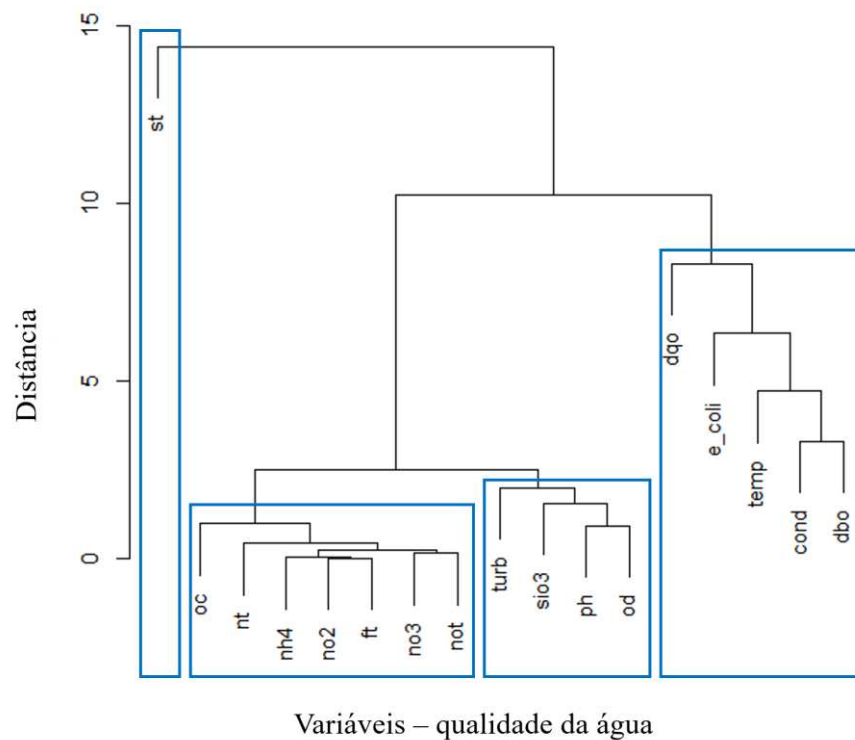
5.2 SELEÇÃO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Do grupo de dados fornecido pelo Nagea com 17 variáveis foi realizada uma análise de agrupamentos com o objetivo de selecionar os parâmetros utilizados nesta dissertação, e posteriormente, fazer uma associação entre estes e as classes de usos e de cobertura da terra na bacia estudada. A análise de agrupamentos é uma técnica multivariada hierárquica

aglomerativa, cujo resultado apresenta máxima homogeneidade de objetos dentro de grupos e, ao mesmo tempo, máxima heterogeneidade entre grupos (RONG, 2011). Ao reduzir o número de variáveis a serem monitoradas e analisadas, pretende-se reduzir também os custos com atividades de campo e análises de amostras coletadas.

A escolha dos parâmetros se deu por aqueles que poderiam comprovar a hipótese dessa pesquisa, ou seja, a de que o uso e cobertura da terra na BCRJP podem prejudicar a qualidade da água. A Figura 11 apresenta os grupos identificados. E as variáveis de resposta selecionadas foram: turbidez, sólidos totais (ST), oxigênio consumido (OC), oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica (Cond), nitrogênio total (NT), fósforo total (FT) e *E. Coli*.

Figura 11 – Análise de Agrupamentos das variáveis de qualidade da água – dendograma



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

No dendograma, da esquerda para direita, o primeiro grupo é formado apenas pelo parâmetro ST. Este representa a presença de sólidos na água, sejam eles suspensos, dissolvidos ou coloidais, e impactos relacionados a ação humana pode intensificar os processos erosivos na bacia de drenagem e carrear sólidos para os corpos hídricos, assim como o lançamento de efluentes nos corpos d'água. No caso da BCRJP, as obras com movimentação de terra para a

construção da rodovia AMG-3085, já mencionada, e lançamento de efluentes sem prévio tratamento, podem acarretar alteração desse parâmetro na água.

No segundo grupo se encontram os parâmetros OC, NT, NH₄, NO₂, FT, NO₃ e NOT. Este grupo representa indicadores de carga orgânica e nutrientes presentes na água. Dentro do grupo, considerando a disponibilidade das leituras, foram escolhidos os parâmetros OC, NT e FT. A escolha do OC se deu por este ser considerado um indicador eficaz de presença de matéria orgânica, pois indica o oxigênio consumido na degradação desta. E a escolha do NT e do FT se deu por estes representarem importantes nutrientes para o crescimento de algas e plantas aquáticas, podendo também contribuir para o fenômeno de eutrofização. No caso da BCRJP podem estar associados a despejos de esgoto doméstico, e no caso dos nutrientes, estão presentes também em fertilizantes utilizados no solo, que podem ser carreados para os corpos d'água. Ainda, no caso de mananciais de abastecimento, outra consequência da presença de nutrientes é o aumento dos custos de tratamento de água devido à toxicidade de muitas algas, remoção da própria alga, remoção da cor, de sabor e odor.

O terceiro grupo é formado pelos parâmetros turbidez, SIO₃, pH e OD. Estas variáveis podem estar relacionadas à presença de matéria orgânica na água, e material carreado para os cursos d'água provenientes de erosão do solo. Deste grupo escolheu-se a variável turbidez, pois alterações do grau da turbidez exige manobras operacionais nas Estações de Tratamento de Águas, como alterações nas dosagens de coagulantes e auxiliares, e é dispendioso o tratamento de águas turvas para consumo humano. A escolha do OD se deu porque é uma variável fundamental para manutenção de dinâmica dos ecossistemas aquáticos e correlacionada com diversos processos que ocorrem no corpo hídrico, sendo, portanto, um dos principais no monitoramento da qualidade da água. Segundo Rocha, Casquin e Pereira (2019), o OD é um parâmetro fundamental para a vida aquática e um ambiente com pouco oxigênio dissolvido pode ser considerado como poluído. No caso da BCRJP, os fatores que podem reduzir a concentração de OD são a presença de matéria orgânica e nutrientes.

No quarto grupo estão os parâmetros DQO, *E. Coli*, temperatura, condutividade e DBO. Este grupo representa indicadores de matéria orgânica, provenientes de lançamento de esgoto sem prévio tratamento. A escolha do parâmetro *E. Coli* se deu pelo fato desta ser uma bactéria que não se reproduz na água ou no solo, mas exclusivamente no interior de intestino de animais homeotérmicos, com isso só é encontrada na água se nela foi introduzida matéria fecal, ou seja, a sua presença significa que o curso d'água recebeu esgoto. A escolha da condutividade se deu pelo fato desta, segundo Oliveira (2018) mostrar a mudança da qualidade de um corpo hídrico, assim, no caso da BCRJP pode ser um bom indicador de poluição em pontos específicos ou do

mesmo ponto ao longo do tempo. A condutividade elétrica se correlaciona com numerosas variáveis de qualidade da água. Wang e Yin (1997) encontraram 60 variáveis que foram significativamente correlacionadas com ela. Cabe destacar que não foi escolhido o parâmetro DQO, visto que se escolheu o OC no segundo grupo, que tem um comportamento semelhante àquele. Ainda, apesar da DBO ser um indicador indireto da quantidade de matéria orgânica presente na água, sendo importante para o controle das estações de tratamento de água e esgoto, este parâmetro não foi escolhido devido ao fato de no banco de dados haver alguns valores discrepantes, que após uma análise percebeu-se que poderiam ser causados por falhas de laboratórios particulares, além de haver alguns meses sem este parâmetro, o que poderia comprometer as análises e correlações feitas neste estudo.

5.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DOS PARÂMETROS SELECIONADOS: QUALIDADE DA ÁGUA NA BCRJP

Foram considerados nesta seção os resultados dos parâmetros escolhidos por meio do dendograma (Figura 11), relativos aos 6 pontos amostrais referentes aos anos de 2012 a 2015. Os pontos são os apresentados na seção 4.2.

Conforme já disposto anteriormente, a Deliberação Normativa COPAM nº 16/1996 (MINAS GERAIS, 1996), determina que as águas da sub bacia do ribeirão dos Burros, compreendido entre suas nascentes até a confluência com o rio Paraibuna, são consideradas Classe 1. De acordo com o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PREFEITURA DE JUIZ DE FORA, 2004), a represa e o córrego Grama estão contidos na sub bacia do ribeirão dos Burros. Portanto, todos os corpos d'água estudados nesta dissertação estão enquadrados nesta classe.

Ao longo da discussão, verificou-se o atendimento à Resolução Conama nº 357/2005 (BRASIL, 2005) para água de Classe 1, uma análise espacial, visualizando o comportamento de cada parâmetro por ponto amostral, e, por meio do teste Kruskal-Wallis, não paramétrico, a diferença estatística entre os pontos de coleta foi verificada. A análise por estação de seca e chuva também foi efetuada quando pertinente para cada caso.

Os resultados dos parâmetros de qualidade da água estão representados na discussão por meio de uma tabela com a estatística descritiva dos dados; gráficos do tipo boxplot, que possibilitam observar a distribuição das leituras e os limites inferiores e superiores (valores mínimos e máximos), assim como a mediana das leituras de cada parâmetro em cada ponto de coleta. Os gráficos do tipo boxplot apresentam também valores discrepantes (outliers), que são

aqueles fora dos limites superiores e inferiores. Os valores das médias das leituras para as estações de seca e chuva para cada ponto amostral estão apresentados por meio de gráfico de pontos. A Tabela 6 apresenta a estatística descritiva dos parâmetros da água entre 2012 e 2015.

Tabela 6 – Estatística descritiva dos parâmetros da água entre 2012 e 2015

Ponto	Estatística Descritiva	Turb. (NTU)	S.T. (mg.L ⁻¹)	O.C. (mg.L ⁻¹)	O.D. (mg.L ⁻¹)	N.T. (mg.L ⁻¹)	F.T. (mg.L ⁻¹)	Cond. (µS.cm ⁻¹)	E.coli (NPM. 100ml ⁻¹)
P1	Mínimo	0,00	5,00	0,00	2,500	0,153	0,012	7,000	0,000
	Máximo	32,64	175,00	4,90	9,000	3,193	0,250	85,000	180,000
	Média	4,18	39,46	1,913	5,300	1,200	0,046	16,550	46,930
	Mediana	2,54	26,50	1,625	5,225	0,956	0,024	14,000	4,000
	Desv. Pad.	6,12	35,75	1,213	1,370	0,814	0,057	13,368	70,168
	P2	Mínimo	2,78	8,00	0,000	1,000	0,403	0,014	3,000
Máximo		40,84	146,00	9,300	7,600	3,438	0,159	84,000	600,000
Média		8,93	45,36	3,541	4,631	1,542	0,038	17,220	100,700
Mediana		7,34	38,00	3,000	4,800	1,405	0,038	14,500	56,000
Desv. Pad.		7,33	31,75	2,359	1,635	0,851	0,033	14,398	146,679
P3		Mínimo	1,44	5,00	0,400	0,900	0,320	0,012	4,000
	Máximo	25,08	161,00	10,000	5,360	3,720	0,194	42,000	140,000
	Média	7,31	43,82	3,102	2,509	2,509	0,030	16,550	38,560
	Mediana	4,08	33,00	2,300	2,200	1,454	0,024	15,500	18,500
	Desv. Pad.	6,14	37,11	2,220	1,196	0,938	0,032	9,151	44,245
	P4	Mínimo	1,16	7,00	0,200	1,500	0,429	0,021	4,000
Máximo		89,30	281,00	10,000	8,550	5,241	0,380	69,300	120,000
Média		10,25	66,57	3,718	3,880	1,855	0,063	23,160	51,730
Mediana		6,80	49,00	3,750	3,000	1,499	0,041	19,240	40,000
Desv. Pad.		15,52	64,15	2,470	2,305	1,103	0,068	14,443	38,648
P5		Mínimo	2,76	10,00	0,100	0,900	0,348	0,012	3,000
	Máximo	65,00	144,00	8,800	4,500	3,329	0,346	85,020	100,000
	Média	9,38	45,93	3,118	2,194	1,586	0,039	20,940	68,800
	Mediana	5,85	34,00	2,900	2,050	1,381	0,023	17,000	22,000
	Desv. Pad.	11,40	33,96	2,128	0,864	0,835	0,058	16,392	88,981
	P6	Mínimo	2,25	8,00	1,000	2,800	0,396	0,010	5,000
Máximo		28,15	142,00	5,100	8,610	1,802	0,181	97,990	90,000
Média		7,52	42,18	2,720	5,663	1,056	0,032	21,650	18,750
Mediana		4,19	34,00	2,800	5,900	1,100	0,022	17,580	8,000
Desv. Pad.		7,25	33,69	1,157	1,564	0,403	0,031	17,065	25,106

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

A seguir são apresentadas as discussões dos resultados de cada parâmetro selecionado.

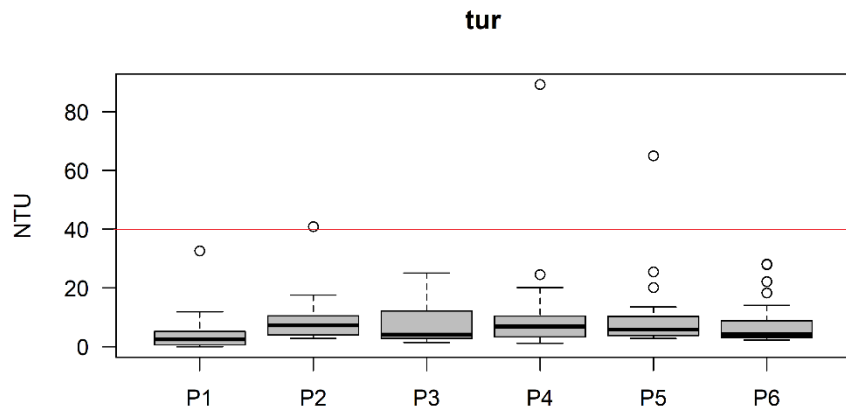
5.3.1 Turbidez

A Resolução Conama nº 357/2005 estabelece para águas de Classe 1, que o valor máximo para o parâmetro turbidez é 40 UNT. Este parâmetro permite compreender se há sólidos em suspensão, influenciando na transparência da água.

As leituras em geral foram abaixo do limite estabelecido. O teste Kruskal-Wallis indicou que os resultados da turbidez não variaram, estatisticamente, entre os pontos amostrais ($p=0,0601$). Os boxplots, apresentados na Figura 12 ilustram a constatação do teste, apresentando a distribuição das leituras, em que não há diferença significativa entre os pontos. A linha vermelha apresentada no gráfico indica o limite estabelecido na resolução.

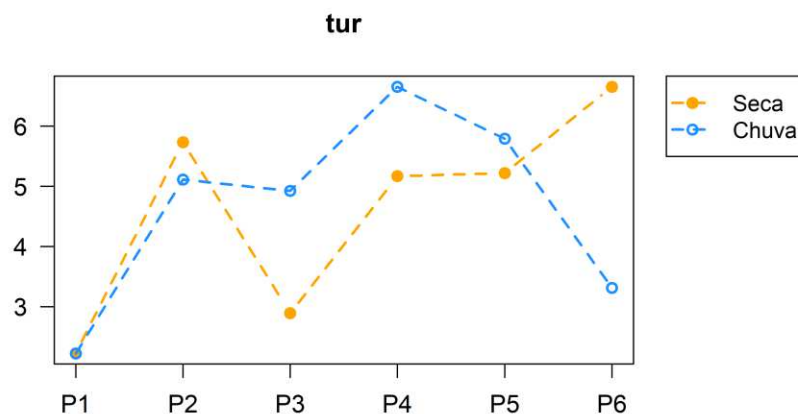
A Figura 13 apresenta as médias das leituras por estação de seca e chuva por ponto. O teste Kruskal-Wallis aplicado às leituras de todos os pontos para as diferentes estações indicou que os resultados da turbidez variaram, estatisticamente, entre as estações ($p=0,0000$). Por meio da Figura 13, observa-se que as maiores leituras de turbidez na estação de chuva foram nos pontos P3, P4 e P5, o que pode ser reflexo do carreamento de matéria orgânica e sedimentos para o curso d'água. Cabe destacar também, que as maiores leituras, que ficaram acima do limite ocorreram no ponto P2 em outubro de 2013, no ponto P4 em novembro de 2012 e no ponto P5 em outubro de 2013, conforme pode ser visto na Tabela 6, todas elas na estação de chuva. A diferença entre as médias de seca e chuva deste parâmetro no ponto P6 podem ser devido à maior diluição da água em época de chuva, além deste ponto representar a captação da água, e por isso, apresenta maior capacidade de autodepuração. O ponto P4 apresentou os maiores valores de média e mediana do parâmetro turbidez. Sua localização tem proximidade com uma propriedade rural que possui um expressivo rebanho de gado de corte. Ainda, segundo Rocha, Casquin e Pereira (2019), esse ponto é também a seção que sofreu mais interferência da obra de implantação da Rodovia AMG-3085, que teve início em abril de 2013.

Figura 12 – Turbidez – boxplot por ponto



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Figura 13 – Turbidez: média seca e chuva por ponto



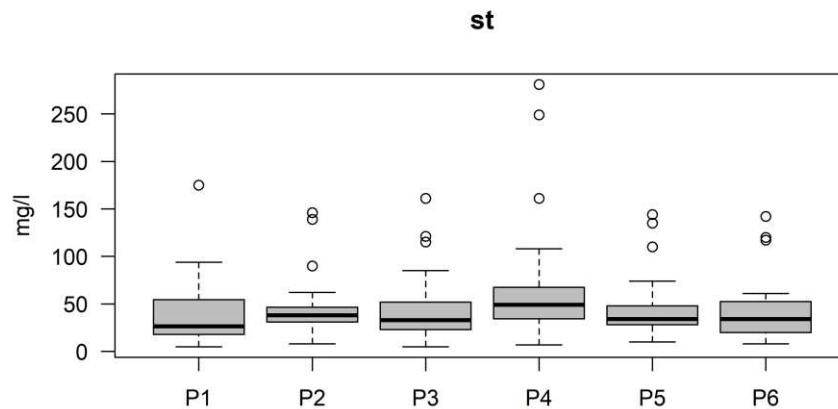
Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Por meio dos resultados e das características de cada ponto amostral observa-se que a chuva promove o escoamento de partículas orgânicas e inorgânicas para os corpos d'água, e, quando rasos, promove o revolvimento do fundo colocando em suspensão os sedimentos, aumentando a turbidez. Este resultado é corroborado pelas menores leituras no ponto P6 na estação de chuva. A represa apresenta maior volume de água, diluindo assim a matéria. Apesar de ter ocorrências acima do limite estabelecido na resolução em alguns pontos, as leituras no ponto P6, ponto de captação para o abastecimento, ficaram todas abaixo do limite.

5.3.2 Sólidos totais (ST)

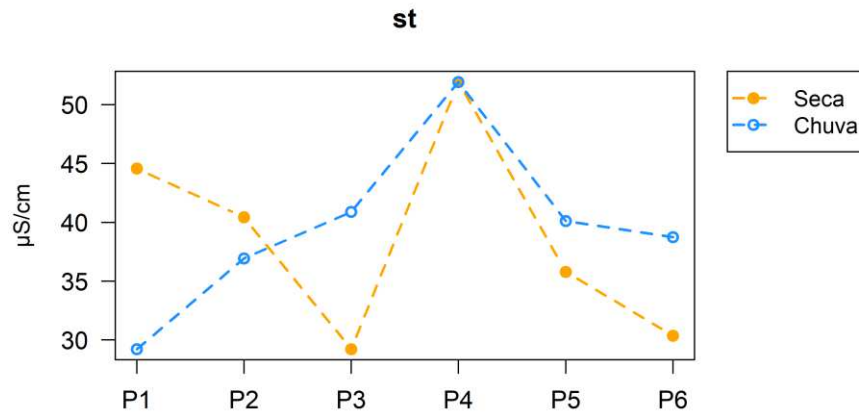
A Resolução Conama nº 357/2005 (BRASIL, 2005) estabelece que para águas doces de Classe 1, o limite superior desse parâmetro é de 500 mg/L. Assim como as leituras de turbidez, as leituras para o parâmetro sólidos totais em geral são baixas. O teste Kruskal-Wallis indicou que os resultados da sólidos totais não variaram, estatisticamente, entre os pontos amostrais ($p=0,117$). Os boxplots apresentados na Figura 14, ilustram que o ponto P4, localizado no córrego Grama, apresenta a maior mediana das leituras de sólidos totais, com leituras acima dos demais pontos, indicando a relação deste parâmetro com o parâmetro turbidez. A Figura 15 apresenta as médias das leituras por estação seca e chuva. O teste Kruskal-Wallis aplicado às leituras de todos os pontos para as diferentes estações indicou que os resultados de sólidos totais variaram, estatisticamente, entre as estações ($p=0,0002$). O gráfico da Figura 15 demonstra que nos pontos P3, P5 e P6, as leituras de sólidos totais foram maiores na estação de chuva, o que pode ser consequência, assim como ocorreu com a turbidez, do carreamento de matéria orgânica e sedimentos para o curso d'água, além da chuva provocar o revolvimento do fundo dos corpos d'água. Já na nascente (P1), a maior média na estação de seca evidencia o poder de diluição das chuvas.

Figura 14 – Sólidos totais – boxplot por ponto



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Figura 15 – Sólidos totais: média seca e chuva por ponto



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Nesses dois parâmetros físicos, turbidez e sólidos totais, o ponto P4 foi o que apresentou os piores resultados nesse período de monitoramento, mostrando como a obra da Rodovia AMG-3085 e as atividades na sua proximidade tem sido impactantes. A área no entorno apresenta silvicultura na parte mais alta e pecuária na parte mais baixa, e o ponto de coleta é uma área muito plana, acumulando nutrientes e sedimentos, propiciando a proliferação de macrófitas aquáticas nas áreas lindeiras ao bueiro feito sob a Rodovia. As estradas reduzem a conectividade e fluxo de materiais (BREJÃO, 2011; POCEWICZ; GARCIA, 2016), sendo fontes pontuais de poluição. A sua operação e manutenção facilita o carregamento de sedimentos, detritos, elementos tóxicos (óleos e graxas), resultando na piora da qualidade da água (GODWIN; HAFNER; BUFF, 2003; FORSYTH; BUBB, COX, 2006).

Assim, o córrego Grama precisa de atenção dos órgãos responsáveis por esta estrada (DEER/MG) e dos sitiantes próximos de forma a mitigar esses efeitos.

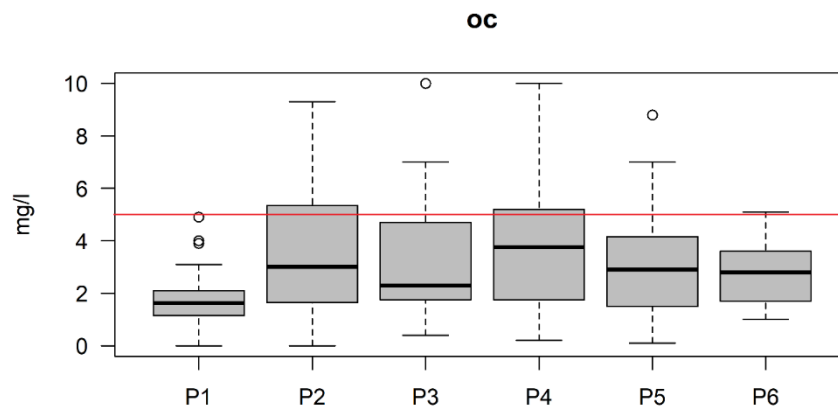
5.3.3 Oxigênio consumido (OC)

Não há definições nem limites legais para este parâmetro. Como referência, tem-se que águas com leitura de OC acima de 5 mg/L de O₂ são consideradas com maior teor de carga orgânica (VALENTE; PADILHA; SILVA, 1997). O teste Kruskal-Wallis indicou que os resultados de OC variaram, estatisticamente, entre os pontos amostrais (p=0,0203), e os boxplots da Figura 16 apresentam a distribuição das leituras de OC por ponto. A linha vermelha apresentada no gráfico da figura indica o limite utilizado como referência. As leituras são

menores no ponto P1, na nascente do córrego Vargem Grande, depois aumenta nos pontos P2, P3, P4 e P5 e diminui no ponto P6, o que, pelo contexto dos locais de coleta dos tributários, evidencia o impacto do uso e cobertura da terra na qualidade da água. As leituras de OC nos pontos P2 e P4 apresentam comportamento bastante variado, com limite inferior e superior bem distintos, sendo no P4 apresentando maiores valores de média e mediana (3,718 mg/L e 3,750 mg/L). O ponto P1 (nascente) apresenta o mínimo de interferência antrópica, e o ponto P6 (captação) sugere apresentar maior capacidade de autodepuração, podendo ser caracterizado como uma zona de recuperação. O que pode explicar os melhores resultados deste parâmetro.

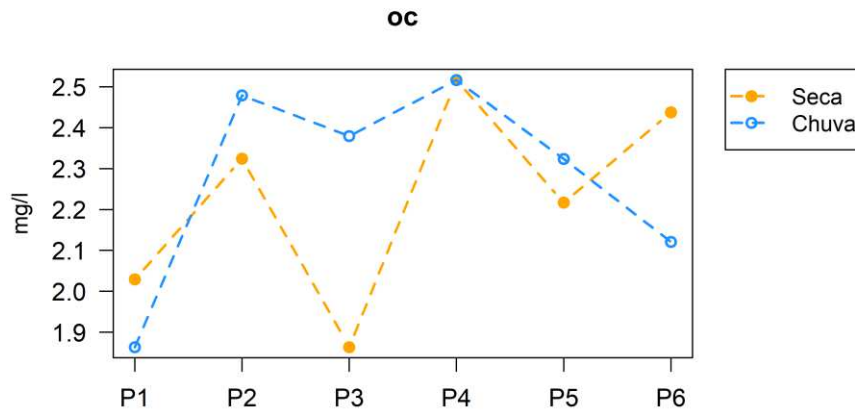
A Figura 17 apresenta as médias das leituras por estação seca e chuva por ponto. O teste Kruskal-Wallis aplicado às leituras de todos os pontos para as diferentes estações indicou que os resultados de OC variaram, estatisticamente, entre as estações ($p=0,0239$). Este parâmetro é um indicativo do processo de degradação da matéria orgânica, que refletem no consumo de oxigênio. Os parâmetros sólidos totais e turbidez influenciam na presença de OC. Assim, os maiores valores das médias desses parâmetros na estação chuvosa nos pontos P2, P3 e P5, apresentados na Figura 17, podem estar relacionados ao carregamento de matéria orgânica e sedimentos para o curso d'água.

Figura 16 – Oxigênio consumido – boxplot por ponto



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Figura 17 – Oxigênio consumido: média seca e chuva por ponto



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Por meio dos resultados até agora apresentados observa-se que a localização do ponto amostral e as características do entorno influenciam no comportamento deste parâmetro. Os valores de OC são menores na nascente (P1), indicando uma melhor qualidade da água. Nos pontos ao longo dos tributários as leituras aumentam, o que pode indicar efeito do uso e cobertura do entorno. E por fim, no ponto de captação (P6) há uma diminuição nos resultados das leituras. Alguns fatores podem atuar nessa alteração da dinâmica neste ponto, a saber: a indicação do poder de autodepuração da represa, a alteração do regime lóxico para lético e os processos inerentes do represamento da água. O ponto P4 continua a ser o ponto que apresenta os piores resultados. Apesar de não haver diferença entre as médias de OC nas estações seca e chuvosa, o maior valor das médias deste parâmetro neste local, em comparação com os outros pontos amostrais confirma a entrada de matéria orgânica e sedimentos nesta seção de monitoramento.

5.3.4 Oxigênio dissolvido (OD)

A Resolução Conama nº 357/2005 estabelece que o valor para o parâmetro OD não deve ser inferior a 6,0 mg/L para águas doces de Classe 1. As leituras são em geral inferiores ao mínimo estabelecido em todos os pontos, 80,11% das leituras ficaram em desacordo com a resolução para esse parâmetro, inclusive no ponto P6, ponto onde há a captação da água para abastecimento. Águas poluídas apresentam baixa concentração de OD, como resultado de seu consumo da decomposição de compostos orgânicos. Fatores que podem causar valores baixos

de OD são a presença de sedimentos provocada pela alteração no uso e cobertura da terra e lançamento de efluentes sem o devido tratamento.

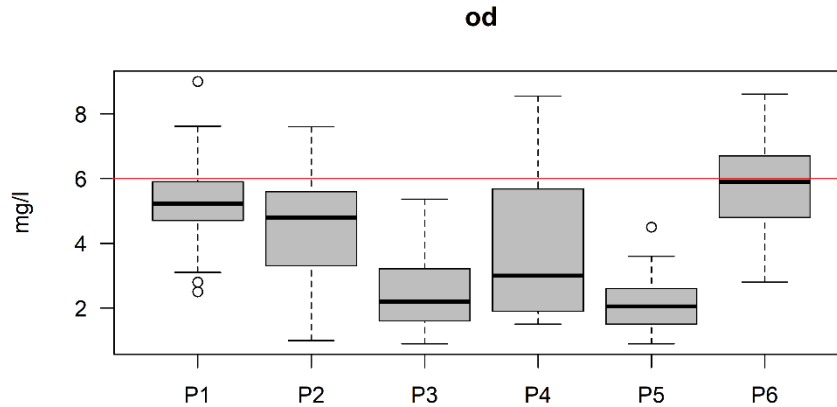
O teste Kruskal-Wallis, aplicado à distribuição de oxigênio dissolvido, apresentou diferença estatisticamente significativa entre os pontos ($p=0,000$). A Figura 18 apresenta os boxplots das leituras de OD, em que é possível observar a distribuição das leituras de OD por ponto amostral. A linha vermelha apresentada nos gráficos indica o limite estabelecido pela resolução.

O ponto amostral P1 representa a nascente com remanescente de mata atlântica, com o mínimo de interferência antrópica. No entanto, apesar disso, a mediana das leituras neste ponto está abaixo do limite estabelecido pela legislação. No ponto amostral P2 (médio curso do ribeirão dos Burros) e por meio do boxplot da Figura 18, observa-se que esse parâmetro apresentou um comportamento bastante variado, com limite inferior bem abaixo do limite estabelecido e limite superior acima do previsto. Os pontos P3 e P5 (exutórios de tributários na represa) são onde apresentam as menores medianas. Ambos estão localizados em uma área plana e com presença de *Typha domingensis* (taboa), e não há aeração dos cursos hídricos. Com isso, a demanda de oxigênio para degradar matéria orgânica é alta. Ainda, o ponto P5 por estar localizado dentro do condomínio Enseada, com algumas residências nas proximidades, pode conter fontes pontuais de efluentes domésticos sem tratamento. O ribeirão dos Burros é o tributário que mais contribui para a represa, e há ponto de lançamento clandestino de esgoto nesse tributário. No ponto amostral P4, assim como no P2, o OD apresentou comportamento bastante variado. O ponto P4 localiza-se em uma área com baixa declividade e a classe pastagem predomina em sua sub-bacia (72,352% - Tabela 5), como já foi colocado. O aporte de matéria orgânica, especialmente os provenientes do manejo de pastagem e do carreamento de solo após o início da obra da rodovia AMG-3085, demanda oxigênio para serem degradadas. Maiores valores de OD no ponto P6 em relação aos outros pontos são devidos à autodepuração do curso d'água, mas ainda assim são em geral abaixo do limite estabelecido pela Resolução Conama nº 357/2005, como pode ser observado na Figura 18. Bucci (2011) também observou níveis mais baixos de OD nos córregos em comparação com os níveis de OD na represa Dr. João Penido.

A figura 19 ilustra a média dos resultados do parâmetro oxigênio dissolvido por ponto, nas estações seca e chuva. O teste Kruskal-Wallis aplicado às leituras de todos os pontos para as diferentes estações indicou que os resultados de OD variaram, estatisticamente, entre as estações seca e chuvosa ($p=0,0002$). O médio curso do ribeirão dos Burros (P2) e o córrego Grama (P4) foram os locais impactados com a estação de chuva, em que as médias dos níveis

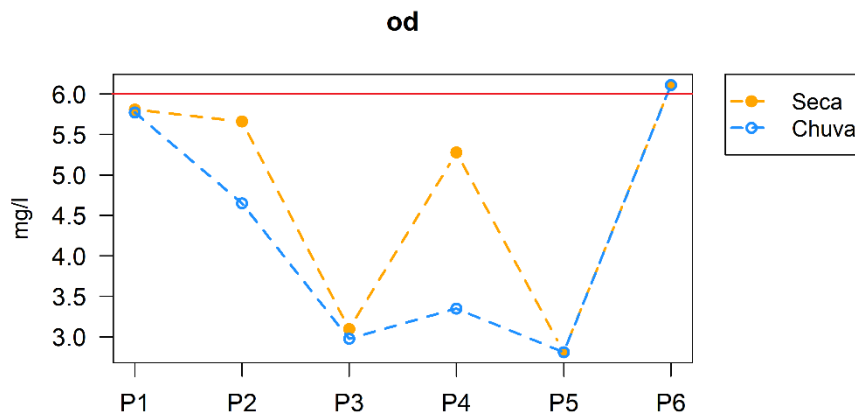
de OD apresentaram-se mais baixas nessa estação, em comparação com a estação de seca. O que pode ser resultado do transporte de materiais e sedimentos para os corpos d'água.

Figura 18 – Oxigênio dissolvido – boxplots por ponto



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Figura 19 – Oxigênio dissolvido: média seca e chuva por ponto



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

O parâmetro OD apresenta melhores resultados nos pontos P1 (nascente) e P6 (captação), em relação aos pontos ao longo dos tributários. Este comportamento pode ser explicado pelos mesmos fatores que influenciaram nos resultados de OC. No entanto, apesar dos melhores resultados em P1 e P6, ainda assim a mediana das leituras está abaixo do limite estabelecido.

Pelos resultados apresentados parcialmente, pode-se inferir que as fozes dos tributários na represa apresentam os piores resultados, principalmente na estação chuvosa. Os pontos P3 e P5 ainda abaixo do P4 pode ser devido à deposição de esgoto de residências sem tratamento nas proximidades desses pontos.

5.3.5 Nitrogênio total (NT)

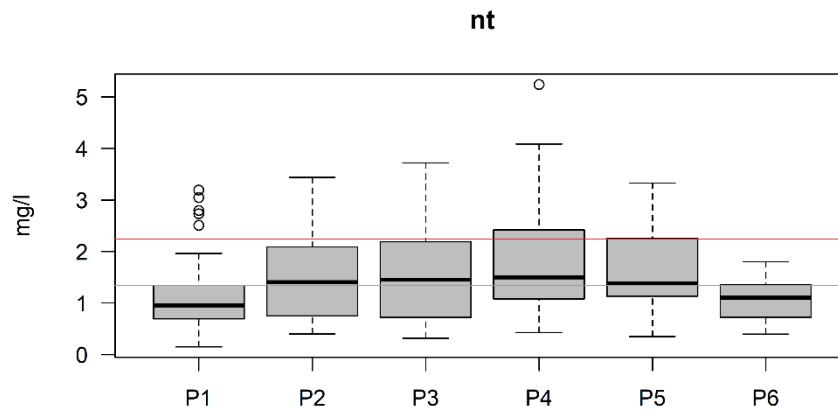
A Resolução Conama 357/2005 (BRASIL, 2005) preconiza que para águas doces enquadradas nas Classes 1 e 2 quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização, o valor de nitrogênio total após oxidação, não deverá ultrapassar 2,18 mg/L para ambientes lóticos (pontos P1 a P5) e 1,27 mg/l para ambientes lênticos (ponto P6 – captação), na vazão de referência.

A Figura 20 apresenta os boxplots das leituras do parâmetro NT por ponto, em que o limite estabelecido para ambientes lóticos é apresentado pela linha vermelha, e o limite para ambiente lêntico é apresentado pela linha laranja. O teste Kruskal-Wallis indicou que os resultados variaram, estatisticamente, entre os pontos amostrais ($p=0,0055$). A menor média das leituras de NT foi registrada no ponto P1, no valor de 1,200 m/L, a concentração mínima obtida foi também neste ponto, de 0,15 mg/L em maio de 2013 e a concentração máxima foi de 5,24 mg/L no P4 em fevereiro de 2014. Por meio dos gráficos apresentados na Figura 20, observa-se que os valores máximos das leituras nos pontos P2 a P5 foram maiores que o limite estabelecido na resolução, e as medianas nesses pontos foram maiores que as medianas nos pontos P1 (nascente) e P6 (captação), mostrando uma pior qualidade da água ao longo dos tributários da represa, o que pode ser devido ao fato da represa apresentar poder de autodepuração, como já mencionado, e a sub-bacia do ponto P1 ter o mínimo de interferência antrópica. Estes resultados relativos aos pontos P2 a P5 evidenciam o carreamento de fertilizantes para pastagem e agrícolas e o carreamento de excrementos de rebanho para os corpos d'água, além do fato de que os esgotos domésticos lançados nos corpos d'água contribuem para a presença de nitrogênio amoniacal na água.

O teste Kruskal-Wallis aplicado às leituras de todos os pontos para as diferentes estações indicou que os resultados de NT variaram, estatisticamente, entre seca e chuva ($p=0,0198$). A Figura 21 ilustra as médias das leituras de nitrogênio total por ponto para as estações. As médias se apresentaram maiores na estação de chuva nos pontos P2, P3 e P4, provavelmente devido ao escoamento superficial provocado pelas chuvas. A diferença das médias das leituras de seca e chuva no ponto P1 evidencia a diluição que a chuva proporciona. No ponto P6 a semelhança

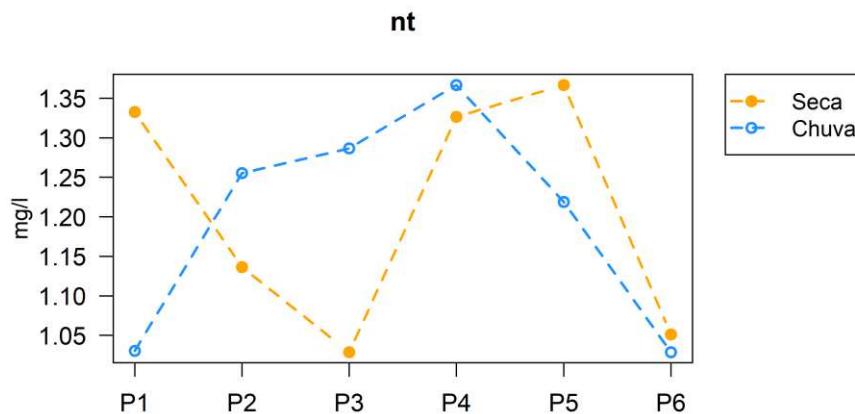
do comportamento do NT nas diferentes estações aponta a capacidade da represa de autodepuração, ao longo de todo o ciclo hidrológico. O boxplot apresentado na Figura 20 referente à distribuição das leituras no ponto P1 apresenta valores discrepantes (outliers), que elevou o valor da média para a estação seca, pois eles correspondem, em sua maioria, a leituras nesta estação.

Figura 20 – Nitrogênio total – boxplot por ponto



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Figura 21 – Nitrogênio total: média seca e chuva por ponto



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Assim como aconteceu com os parâmetros OC e OD, as leituras de NT foram melhores nos pontos P1 e P6. Os testes estatísticos indicaram que os resultados variam tanto entre os pontos, o que mostra a influência do uso e cobertura nas sub-bacias de cada ponto na qualidade

da água, quanto entre as estações. O comportamento do NT nos pontos P4 e P5 confirmam a entrada de matéria orgânica de origem antrópica e vegetal.

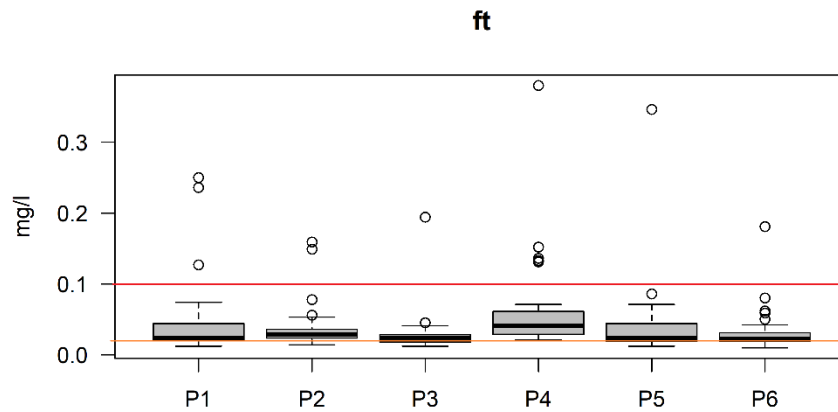
5.3.6 Fósforo total (FT)

A Resolução Conama nº 357/2005 estabelece o limite máximo de 0,1mg/L para águas de Classe 1 para ambiente lótico e limite máximo de 0,02mg/L para águas de Classe 1 para ambiente lêntico. A Figura 22 apresenta os boxplots das leituras de FT por ponto amostral. Os limites estão apresentados nos gráficos por linhas vermelha (ambiente lótico – pontos P1 a P5) e laranja (ambiente lêntico – ponto P6 - captação). O teste Kruskal-Wallis indicou que os resultados não variaram, estatisticamente, entre os pontos amostrais ($p=0,0630$). Por meio dos gráficos apresentados na Figura 22, percebe-se que as leituras de FT nos pontos P1 a P5 em geral foram baixas, com limite superior abaixo do limite estabelecido na resolução. No entanto, em todos os pontos houve leituras superiores ao limite (outliers). O ponto P6 pode ser caracterizado como uma zona de recuperação, devido à autodepuração do corpo d'água, no entanto, percebe-se próximo a barragem, nas margens da represa, criação de gado, solo exposto e ocupações antrópicas, contrariando a legislação. As leituras neste ponto ficaram em geral acima do limite estabelecido pela norma, apresentando mediana igual a 0,032 mg/L e média igual a 0,022 mg/L (Tabela 6). Cabe destacar que o excesso de fósforo conduz a processo de eutrofização das águas, por ser um nutriente para processos biológicos. Neste caso, há uma perda dos processos de autodepuração da represa devido a um problema de inconformidade no uso e na cobertura da terra neste local. Isso poderia ser resolvido pelo poder público com base na Lei nº 6.087/1981 aplicando a fiscalização e/ou negociando a desocupação das Áreas de Preservação Permanente (APP) de margens de reservatório que valem 100 m da cota 744,00 m (PREFEITURA DE JUIZ DE FORA, 1981). Essas áreas estão deixando de cumprir a sua função de filtro (ROCHA, FREITAS; CASQUIN, 2019), o que pode encarecer o tratamento da água na ETA prejudicando a coletividade.

A Figura 22 ilustra que o ponto P3 apresentou valores mais baixos de fósforo total, o que pode ser explicado pela presença de macrófitas aquáticas no entorno, que contribui para a redução desse nutriente. Plantas aquáticas, como a *Thypha domingensis* (taboa), encontrada no local, exercem importante papel na remoção de substâncias dissolvidas, assimilando-as e incorporando-as à sua biomassa. Elas têm sido usadas visando à melhora da qualidade de efluente, principalmente no que diz respeito à redução de concentração e nitrogênio e fósforo (POMPÊO, 2008).

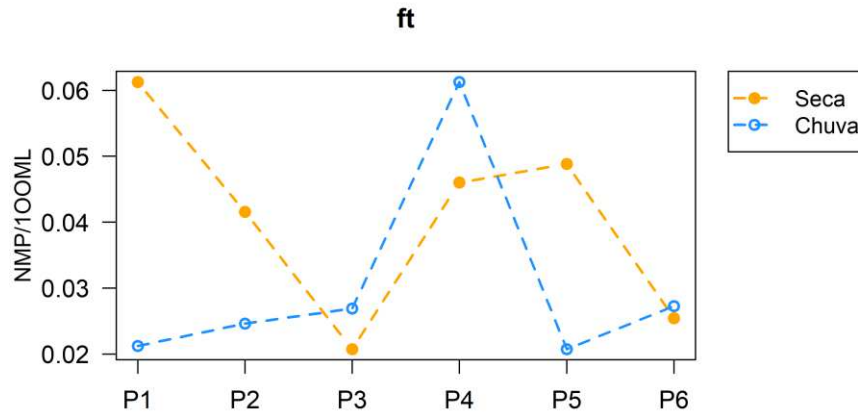
A Figura 23 apresenta as médias das leituras de FT por ponto por estação. O teste Kruskal-Wallis aplicado às leituras de todos os pontos para as diferentes estações indicou que os resultados de FT variaram, estatisticamente, entre seca e chuva ($p=0,0458$). Por meio da Figura 23, observa-se que em P1 (nascente), a leitura é bem maior na seca, isso mostra que na chuva, a maior quantidade de água causa a diluição do material, ou seja, na seca, a matéria orgânica fica mais concentrada. No ponto P2 as leituras de FT apresentaram um pouco o efeito da diluição também. O mesmo comportamento ocorreu no ponto P5, que pode ser explicado pelo fato de o curso d'água apresentar baixa velocidade neste ponto. Nos pontos P1 e P5 a média das leituras na estação seca foi puxada pelos outliers representados na Figura 22, que correspondem justamente a leituras nesta estação. O mesmo aconteceu com os resultados referentes ao ponto P4, contudo a maior parte dos outliers corresponderem a leituras na estação chuvosa. No ponto P6 a semelhança do comportamento do FT nas diferentes estações, assim como ocorreu com o NT, indica a capacidade da represa de autodepuração, ao longo de todo o ciclo hidrológico.

Figura 22 – Fósforo total – boxplot por ponto



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Figura 23 – Fósforo total: média seca e chuva por ponto



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Apesar de estatisticamente as leituras não variarem entre os pontos amostrais, as leituras de fósforo se mostraram sensíveis às estações de seca e chuva, evidenciando tanto o efeito de arraste de matéria orgânica para o curso d'água, como também os efeitos de diluição. Ainda, os resultados dos parâmetros apresentados até aqui corroboram a situação do córrego Grama (P4) como uma das piores seções de monitoramento da BCRJP sob o ponto de vista da qualidade da água.

5.3.7 Condutividade elétrica

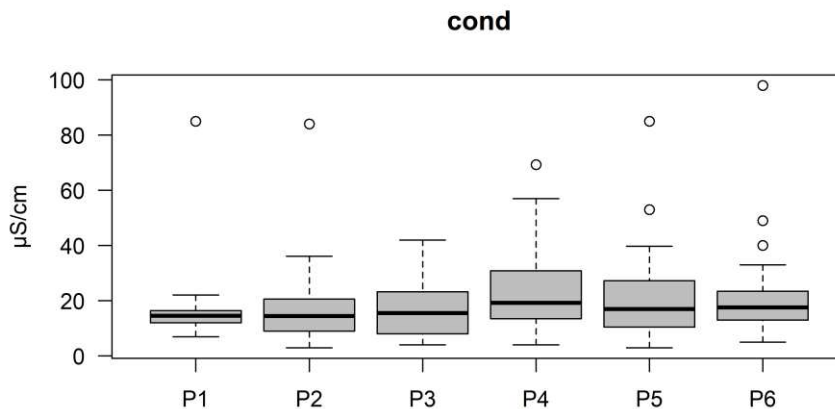
A Resolução Conama nº 357/2005 não estabelece limite para esse parâmetro. A Figura 24 apresenta os boxplots das leituras de condutividade elétrica por ponto amostral e a Figura 25 apresenta as médias das leituras nas estações seca e chuva.

Segundo Gaio (2019), “de modo geral, a condutividade não varia muito num mesmo curso d'água, por isso ela é um bom indicador de poluição em pontos específicos ou do mesmo ponto ao longo do tempo.” O teste Kruskal-Wallis indicou que os resultados da condutividade elétrica não variaram, estatisticamente, entre os pontos amostrais ($p=0,1155$). Isso indica que a localização dos pontos e o uso e a cobertura da terra nas sub-bacias não influenciaram significativamente nos resultados de condutividade nos pontos amostrais. Por meio da Figura 24 e da Tabela 6, percebe-se que maior média observada foi de $23,160 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no córrego Grama (P4), e neste ponto o parâmetro condutividade se apresentou bastante oscilatório, o que

pode ser um indicador do efeito das atividades pecuárias na sua sub bacia, corroborando os parâmetros anteriores.

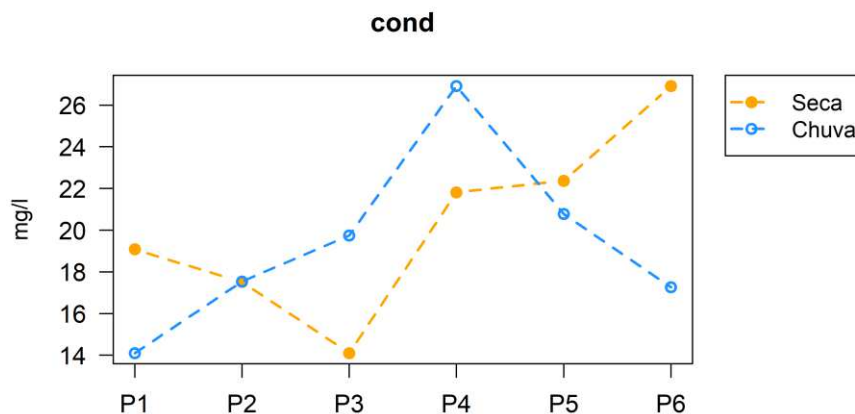
O teste Kruskal-Wallis aplicado às leituras de todos os pontos para as diferentes estações indicou que os resultados de condutividade elétrica não variaram também, estatisticamente, entre as estações seca e chuvosa ($p=0,3650$). Por meio do gráfico da Figura 25 observa-se que as médias das leituras de condutividade elétrica nos pontos P1 e P6 foram menores na estação de chuva, evidenciando o efeito da diluição.

Figura 24 – Condutividade elétrica: boxplot por ponto



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Figura 25 – Condutividade elétrica: média seca e chuva por ponto



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

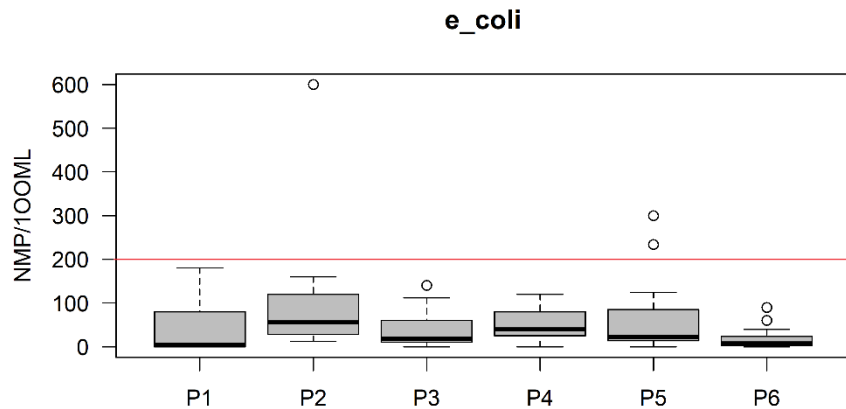
Os testes estatísticos indicaram que, segundo o parâmetro condutividade elétrica, não houve diferença entre os pontos e entre as estações nessas leituras. Apesar de haver uma diferença no comportamento dos poluentes entre os pontos, em que na nascente e na captação os resultados são melhores, isso não foi suficiente para indicar uma diferença entre as localizações para este parâmetro.

5.3.8 *E. Coli*

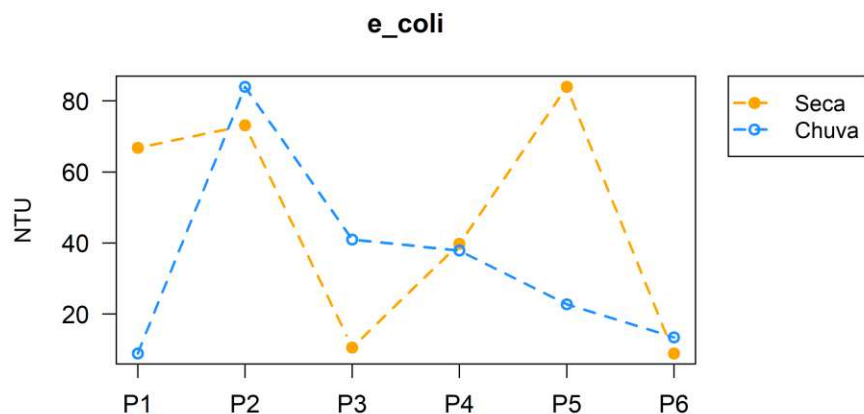
O teste Kruskal-Wallis indicou que os resultados da *E. Coli* não variaram, do ponto de vista estatístico, entre os pontos amostrais ($p=0,0565$). A Figura 26 apresenta os boxplots das leituras por ponto, em que a linha vermelha indica o limite estabelecido na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008. As leituras, no presente estudo, foram consideradas de forma individual.

Por meio dos gráficos apresentados na Figura 26 observa-se que o ponto P5 apresentou duas leituras acima do limite de referência, 200 NMP/100ml, o que pode ser explicado por este ponto estar localizado, como já mencionado, dentro do condomínio Enseada, com algumas residências nas proximidades, e pode conter fontes pontuais de efluentes domésticos sem tratamento. O ponto P2 apresenta a maior mediana e um valor discrepante (outlier) muito acima do limite estabelecido. Nas suas proximidades de leitura havia presença frequente de gado consumindo a água do ribeirão, como observado por Silva (2015). Os valores da *E. Coli* obtidos no ponto P6 estão condizentes com o estabelecido para águas de Classe 1. Apesar de terem sido poucas ocorrências em desacordo com a legislação, este parâmetro não deixa de ser uma preocupação para o manancial devido à falta de sistema de coleta e de tratamento de esgoto da região, além da criação de gado nas áreas da bacia de contribuição.

O teste Kruskal-Wallis aplicado às leituras de todos os pontos para as diferentes estações indicou que os resultados também não variaram, estatisticamente, entre seca e chuva ($p=0,1602$). A Figura 27 apresenta as médias das leituras nas diferentes estações, em que se observa as maiores médias nos pontos P1 e P5 na estação seca, evidenciando o efeito da diluição causada pela chuva, assim como observado nos parâmetros NT e FT nesses pontos.

Figura 26 – *E. Coli*: boxplot por ponto

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Figura 27 – *E. Coli*: média seca e chuva por ponto

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Os testes indicaram que os resultados do parâmetro *E. Coli* não variaram nem entre os pontos e nem entre as estações. E, pelas características das áreas que contêm o P2, uma área rural afastada, e o P5, dentro do condomínio Enseada, acredita-se que a origem da *E. Coli* seja de pastagens no primeiro caso e de esgoto doméstico no segundo.

5.4 CORRELAÇÕES ENTRE USO E COBERTURA DA TERRA NA BCRJP E OS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Diante da discussão anterior, pode-se perceber que o uso e cobertura da terra impacta direta ou indiretamente a qualidade da água da BCRJP. A fim de analisar de forma estatística como se dá a associação entre o uso e a cobertura da terra e a qualidade da água, esta seção do trabalho apresenta uma discussão dos valores de tau, obtidos por meio do teste não paramétrico tau de Kendall, que correlaciona os resultados dos parâmetros de qualidade da água apresentados na seção 5.3 com as porcentagens das classes de uso e cobertura da terra na BCRJP, apresentadas na Tabela 5 da seção 5.1. Calculou-se também os p-valores (com nível de significância de 5%) para cada combinação de uso e cobertura da terra e parâmetros de qualidade da água. A Tabela 8 apresenta os valores de tau de Kendall. Os valores marcados com * indicam p-valor menor que 0,05 (com nível de significância de 5%).

Tabela 7 – Tau de Kendall correlacionando os parâmetros de qualidade da água com o uso e cobertura da terra na BCRJP

	Pastagem	Pasto sujo	Vegetação arbórea	Represa	Várzea	Área urbanizada	Solo exposto
Turbidez	0,38*	0,22*	-0,32*	0,07	0,22*	0,13	0,32*
ST	0,19*	0,04	-0,19*	0,02	0,06	-0,07	0,19*
OC	0,23*	0,14	-0,19*	0,06	0,14	0,06	0,21*
OD	-0,33*	-0,21*	0,31*	0,11	-0,05	0,27*	-0,27*
NT	0,32*	0,29*	-0,17*	-0,09	0,04	-0,02	0,21*
FT	0,23*	0,06	-0,18*	-0,01	0,01	-0,04	0,26
Cond.	-0,07	-0,10	0,02	0,04	-0,01	-0,07	0,03
E. Coli	0,42*	0,33*	-0,22*	-0,14*	0,03	-0,01	0,20

ST: sólidos totais; OC: oxigênio dissolvido; OD: oxigênio dissolvido; NT: nitrogênio total; FT: fósforo total; Cond.: condutividade elétrica; E. Coli: Escherichia Coli.

Fonte: elaborado pela autora, 2020.

Serão discutidas aqui os valores de tau de Kendall em que há, do ponto de vista estatístico, correlação entre as variáveis.

A classe “pastagem” apresentou correlações esperadas com os parâmetros de qualidade da água. A correlação positiva com o OC (tau = 0,23) pode indicar a consequência das atividades pecuárias no carreamento de matéria orgânica para os corpos hídricos, o que é comprovado pela correlação negativa com o OD (tau = -0,33). Vanzela, Hernandez e Franco (2010) também acharam uma correlação positiva do oxigênio dissolvido com a pastagem. A correlação positiva com os nutrientes NT (tau = 0,32), e FT (tau = 0,23) também aponta o efeito do carreamento de nutrientes provenientes dessas atividades para os corpos hídricos. Resultados

semelhantes com os nutrientes NT e FT foram observados por Buck, Niyogi e Townsend (2004). Esses resultados vão de acordo com o que aponta Oliveira (2018), que o impacto da classe pastagem na qualidade da água tem relação com o carreamento de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo, oriundos dos fertilizantes usados para enriquecimento do pasto. Esse comportamento foi observado no ponto P4, que possui em sua sub-bacia 72,359% de cobertura por pastagem. A *E-coli* está relacionada ao excremento dos animais, apresentando assim, uma correlação positiva (tau = 0,42). Por fim, a correlação positiva com a turbidez (tau = 0,38) e ST (tau = 0,19) mostra que há carreamento de material para os corpos hídricos. Ao fornecerem menor cobertura dos solos e menor proteção à ação erosiva das chuvas, é mais propensa a geração de material a ser erodido e transportado para o leito dos cursos d'água.

As correlações entre a classe “pasto sujo” e os parâmetros OD (tau = -0,21), NT (tau = 0,29), E-coli (tau = 0,33) e turbidez (tau = 0,22) apresentaram valores de tau parecidos com os da correlação desses parâmetros com a classe “pastagem”, porém com valores menores, o que pode ser explicado pela descrição dessa classe. A classe pasto sujo foi considerada nessa pesquisa como sendo as áreas em que estão em estado de regeneração, provavelmente pelo abandono da área de pastagem.

A classe “vegetação arbórea” apresentou correlações negativas com os parâmetros sólidos totais (tau = -0,19) e turbidez (tau = -0,32), que podem ser explicadas pela capacidade da vegetação em reter o escoamento superficial, dificultando, conseqüentemente, o carreamento de materiais. Segundo Carneiro e Andreoli (2005) a mata é de suma importância para a manutenção da integridade de uma sub-bacia hidrográfica, devido às suas diversas funções, como exemplo a função tampão, em que filtra toda a água oriunda das áreas adjacentes que escoam para dentro dos cursos d'água. Nesse “filtro” ficam retidos muitos sedimentos, produtos tóxicos e nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, que em excesso causam o processo de eutrofização das águas. Essa afirmação pode explicar as correlações negativas com o NT (tau = -0,17) e o FT (tau = -0,18). A classe “vegetação arbórea” apresentou correlação negativa também com a E-coli (tau = -0,22), o que demonstra menor presença humana e de criação de animais. A mesma classe apresentou correlação positiva com o parâmetro OD (tau = 0,31) e negativa com o OC (tau = -0,19). Essas correlações apontam para a importância de se preservar e proteger a vegetação em áreas estratégicas, como nas APPs para disponibilidade e qualidade de água dos mananciais. Esse comportamento foi observado no ponto P1, que possui em sua sub-bacia 51,828% de cobertura por vegetação arbórea. A maioria das leituras dos parâmetros neste ponto indicaram água de melhor qualidade em comparação com os tributários. Resultados semelhantes foram encontrados por Casquin (2016) e Rocha *et al.* (2020). Rocha, Freitas e

Casquin (2019) apontam que da área de preservação permanente dos corpos hídricos da BCRJP, somente 17% está ocupado por mata e da APP das margens do reservatório, apenas 15%. Se o restante da APP fosse reflorestado, em longo prazo, poderia haver uma significativa melhoria na disponibilidade e qualidade da água. Segundo Vanzela, Hernandez e Franco (2010), as áreas ocupadas por matas favorecem o aumento da vazão específica devido ao fato da maior cobertura, estabilidade e infiltração de água no solo proporcionarem uma redução da intensidade do escoamento superficial contribuindo também para a melhoria da qualidade da água.

Analisando os valores de tau para as correlações entre os parâmetros de qualidade da água e as classes “pastagem”, “pasto sujo” e “vegetação arbórea” observa-se que os valores para a classe pasto sujo estão entre os valores das classes pastagem e vegetação arbórea para os parâmetros OD, E. Coli, turbidez, NT e FT. Esses valores são coerentes com a descrição das classes. A classe “pasto sujo” foi considerada como uma área de regeneração, provavelmente pelo abandono de pastagem, ou seja, uma classe intermediária entre “pastagem” e “vegetação arbórea”. Se as áreas de “pasto sujo” ficarem abandonadas por mais tempo, elas tendem a se tornar área de “vegetação arbórea” em estágio inicial de sucessão.

A classe “represa” apresentou correlação negativa com a E-coli (tau = -0,14) e a “várzea” apresentou correlação positiva com a turbidez (tau = 0,22), essa classe corresponde à vegetação de alagado, ricas em sedimentos minerais e orgânicos, o que pode explicar essa associação.

A classe “área urbanizada” apresentou correlação positiva com o OD (tau = 0,27). Esse resultado é contraditório do ponto de vista ambiental. Os seguintes dados podem explicar essa correlação positiva: os valores mais altos de OD foram no ponto P6 (boxplot da figura 23), ponto de captação da água pela Cesama; a sub bacia deste ponto é a que apresenta maior porcentagem da classe área urbanizada (3,129%) e por meio do mapa de uso e ocupação da terra percebe-se que a ocupação antrópica é maior nas margens da represa. Essa correlação também foi apresentada por Rocha *et al.* (2020), em que afirma que este resultado precisa ser melhor investigado. Apresenta como uma limitação do método estatístico utilizado o fato das classes de uso da terra não serem independentes (como foram consideradas), ou seja, um aumento da porcentagem da classe “área urbanizada” acarreta diminuição das demais classes. Limitação essa encontrada nesta pesquisa também.

As correlações com a classe “solo exposto” apresentaram resultados esperados. A correlação positiva com a turbidez (tau = 0,32) indica carreamento de material para os corpos hídricos, o que é corroborado pelas outras correlações, positiva com o OC (tau = 0,21) e o

nutriente NT ($\tau = 0,21$) e negativa com o OD ($\tau = -0,27$). Esse comportamento foi observado no ponto P4, que possui em sua sub-bacia 3,289% de cobertura por solo exposto. As áreas de solo exposto são aquelas consideradas nesta pesquisa desnudas. E, de acordo com Carneiro e Andreoli (2005), o desmatamento de áreas vegetadas, principalmente as ciliares, bem como o uso incorreto do solo reduzem a taxa de infiltração e o retorno ao sistema da carga hídrica que saiu. Como consequência da retirada do revestimento vegetal das áreas de mananciais, tem-se o aumento do volume e velocidade do escoamento superficial e erosão, o que afeta diretamente a qualidade e hidrodinâmica dos corpos hídricos.

É interessante citar um estudo em Juiz de Fora em que parte do banco de dados dos parâmetros de qualidade da água usados no estudo é o mesmo utilizado nesta pesquisa. Rocha *et al.* (2020) correlacionaram parâmetros limnológicos dos principais tributários da represa Dr. João Penido e São Pedro, também no município de Juiz de Fora com o uso da terra nas bacias hidrográficas destes mananciais por meio do coeficiente de correlação “ ρ ” de Spearman. Amostras de águas foram coletadas mensalmente no período de maio de 2012 até dezembro de 2013, em 6 pontos na BCRJP e 4 pontos na bacia de contribuição da represa São Pedro, totalizando 10 pontos de amostragem. Os resultados se apresentaram de forma semelhante a esta pesquisa. A classe Mata trouxe aumento significativo de OD e diminuição significativa de NT, FT e ST; a pastagem causou aumento significativo nos coliformes, ST e FT, notando uma diminuição de OD. A classe Urbanização causou aumento significativo de OD, coliformes, turbidez, condutividade e diminuição significativa de NT. A correlação positiva entre o uso urbano com a condutividade também foi encontrada por Wang e Yin (1997). Rocha *et al.* (2020) afirmam que a melhora do parâmetro OD pela Urbanização precisa ser mais investigado. “Uma das explicações é a de que as ocupações são mais intensas, apesar de irregulares, nas APPs das margens da represa, desprovidas das matas ciliares”. Apontam ainda, sobre a rodovia AMG-3085, que prevê a densificação da expansão urbana, o que não é desejável para a qualidade da água.

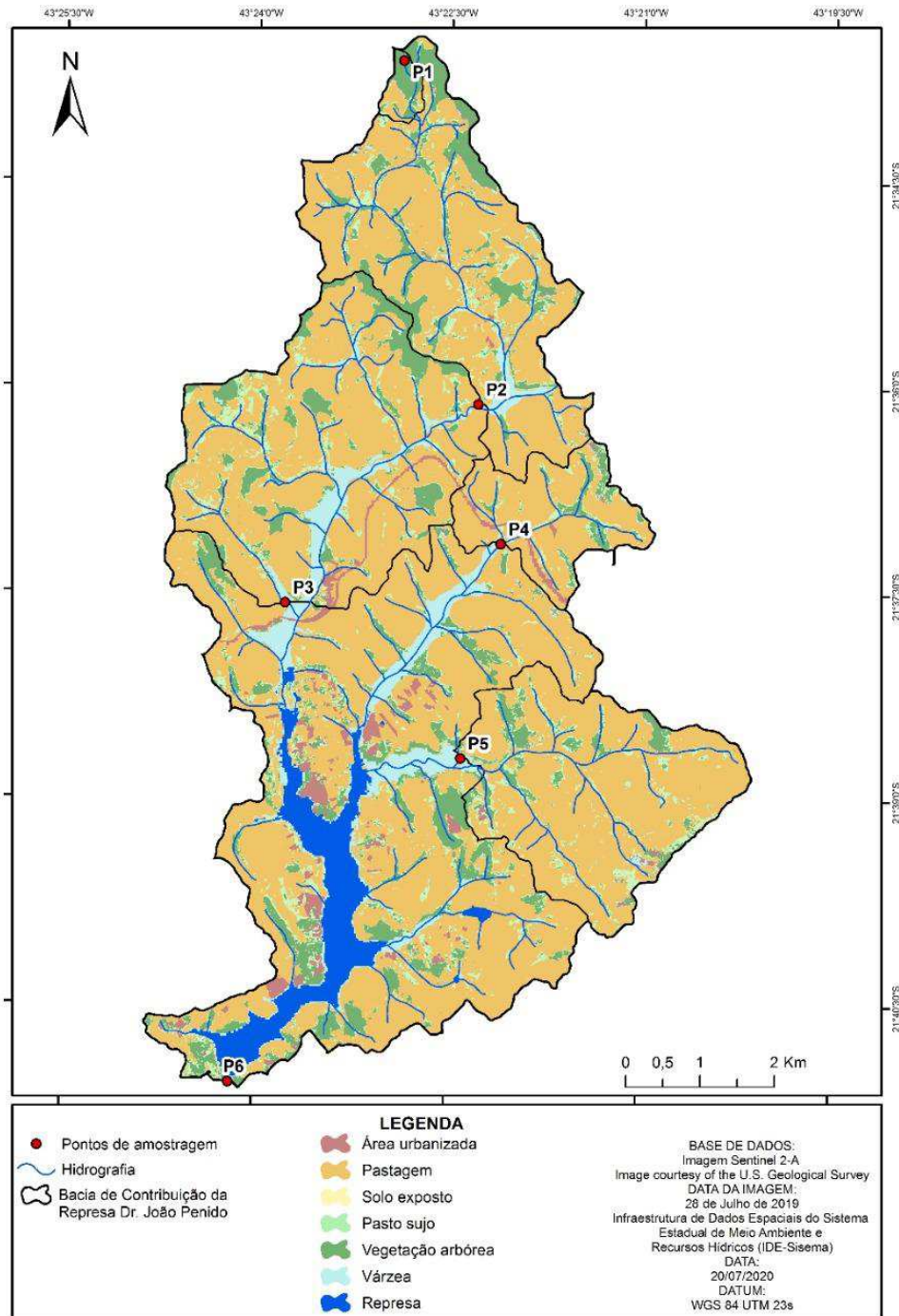
5.5 QUALIDADE DA ÁGUA E USO E COBERTURA DA TERRA NA BCRJP EM 2019

A fim de enriquecer os resultados desta pesquisa, foi elaborado um novo mapa de uso e cobertura da terra da área da bacia do ano de 2019, bem como foram feitos 4 trabalhos de campo entre os anos de 2019 e 2020.

5.5.1 Uso e cobertura da terra na BCRJP em 2019

A fim de apresentar o estado atual da BCRJP e identificar a variação percentual das classes definidas nesta pesquisa entre os anos de 2013 e 2019, foi elaborado um mapa de uso e cobertura da terra na BCRJP de 2019, por estar compreendido no período das leituras realizadas pela autora e integrantes do Nagea. O mapa é apresentado na Figura 28. A Tabela 8 apresenta as principais classes de uso e cobertura da terra na BCRJP, suas áreas absolutas e percentual e a Tabela 9 apresenta a variação percentual e de área absoluta das classes de uso e cobertura da terra na BCRJP entre os anos 2013 e 2019.

Figura 28 – Mapa de uso e cobertura da terra – 2019



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Tabela 8 – Classes de uso e cobertura da terra na BCRJP – área absoluta e percentual – 2019

Classe	Área (km²)	Área (%)
TOTAL	59,482	100,00
Pastagem	40,411	67,938
Pasto Sujo	5,284	8,883
Vegetação arbórea	6,892	11,587
Represa	2,583	4,343
Várzea	2,928	4,922
Área urbanizada	1,368	2,300
Solo exposto	0,016	0,027

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Tabela 9 – Variação percentual e de área absoluta das classes de uso e cobertura da terra na BCRJP – 2013 a 2019

Classe	Área (km²) – 2013	Área (km²) – 2019	Variação (km²)	Variação (%)
TOTAL	59,482	59,482	-	-
Pastagem	36,089	40,411	4,322	11,977
Pasto Sujo	10,638	5,284	-5,354	-50,317
Vegetação arbórea	6,296	6,892	0,596	9,468
Represa	2,671	2,583	-0,088	-3,295
Várzea	2,316	2,928	0,612	26,425
Área urbanizada	0,977	1,368	0,391	40,078
Solo exposto	0,495	0,016	-0,479	-96,647

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Apesar do intervalo de tempo estudado ser relativamente curto para haver uma mudança significativa no uso e cobertura da terra, podemos observar, por meio da Tabela 9 que houve variação em todas as classes. A área de solo exposto reduziu em quase 100% pois, a rodovia AMG-3085 passou a ser considerada como “área urbanizada”, com isso houve acréscimo dessa classe também. A área de pasto sujo reduziu quase pela metade e a área de pastagem aumentou em quase 12%, o que pode indicar que parte da área de pasto sujo tornou-se área de pastagem.

Ainda que a classe área urbanizada tenha apresentado aumento praticamente devido à Rodovia AMG-3085, cabe destacar que a sua operação com o tempo pressupõe uma densificação da expansão urbana em sua proximidade, processo indesejável para a manutenção da qualidade da água da represa de forma a assegurar sua disponibilidade para abastecimento público. A classe pastagem teve um aumento considerável, e esta possui um elevado potencial de interferir no equilíbrio ambiental da represa, devido aos nutrientes e matéria orgânica que depositadas nessas áreas, podem ser escoadas para os corpos d’água. Os valores de tau de Kendall das correlações apresentadas desta classe evidenciam esse potencial de afetar a qualidade da água pela cobertura da terra por pastagem.

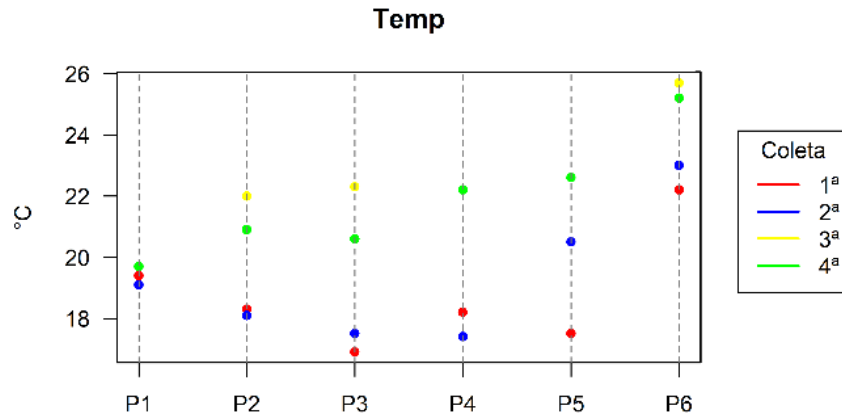
A redução na área útil da represa (corpo d'água propriamente dito) e aumento na classe várzea pode estar ligada a processos de sedimentação causado pelas macrófitas aquáticas do gênero *Thypha domingensis* (taboa). O intenso crescimento pode causar transtornos, na medida em que costumam fixar o solo por meio de suas raízes. Se controladas, elas conseguem reduzir nutrientes da água e até melhorar a sua qualidade. Assim, o programa de monitoramento e manejo deve incorporar a manutenção do reservatório vegetado, no entanto, evitando os efeitos negativos associados ao intenso e descontrolado crescimento das macrófitas aquáticas (POMPÊO, 2008). Segundo o mesmo autor, em reservatórios onde as macrófitas aquáticas são importantes componentes de sua estrutura e função, devem ser despendidos esforços para que permaneçam no ecossistema, com seu crescimento controlado, de forma a evitar os efeitos danosos do crescimento explosivo. Portanto, atenção deve ser dada no manejo que deve ser feito evitando arrancá-las de forma a evitar o aumento da turbidez na água.

Outra classe que chama atenção é a vegetação arbórea com aumento de quase 9,5% entre esses sete anos. Novamente deve-se ter atenção na análise dos dados, visto que para a elaboração do mapa de uso e cobertura da terra não houve separação entre as matas nativas e as comerciais no processo de classificação das imagens de satélite. Esse aumento pode ser de espécies como o Pinus e o Eucalipto, algo que não foi resultado de regeneração natural de mata atlântica.

5.5.2 Dados relativos à qualidade da água obtidos pela sonda multiparamétrica

A discussão dos parâmetros individuais apresentados nesta seção se refere às leituras realizadas *in loco* pela autora e integrantes do Nagea, com duas leituras na estação seca (1ª e 2ª coletas) e duas leituras na estação de chuva (3ª e 4ª coletas). Os resultados foram comparados com a Resolução Conama nº 357/2005 (BRASIL, 2005). Os pontos das leituras são os mesmos relativos ao primeiro conjunto de dados, apresentados na seção 4.2, no Quadro 5 e na Figura 4. A linha vermelha contida nos gráficos diz respeito ao limite estabelecido pela resolução para águas de Classe 1. Os parâmetros de qualidade da água relativos aos anos de 2019 e 2020 foram analisados com metodologias diferentes daqueles de 2012 a 2015, portanto não foi intenção comparar os resultados atuais àqueles fornecidos pelo Nagea. Assim, a seguir é apresentada os resultados das leituras dos parâmetros obtidos pela sonda multiparamétrica.

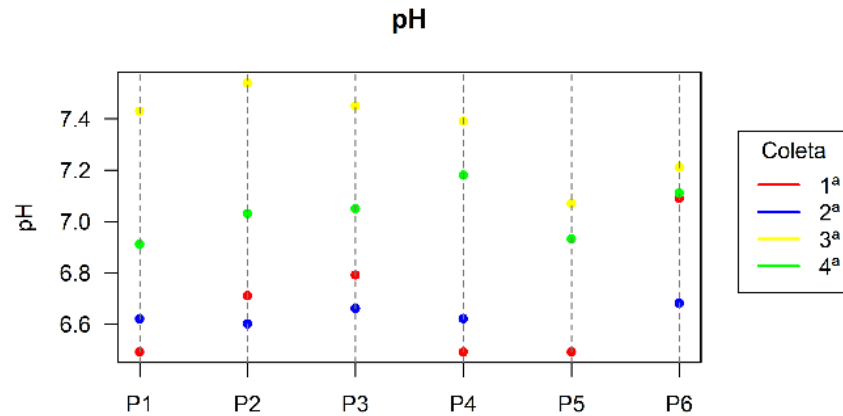
Figura 29 – Resultado das leituras de temperatura



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Os resultados obtidos das leituras de temperatura, apresentados na Figura 29 demonstram que as diferentes estações influenciaram nos resultados de temperatura nos pontos P2 a P6, em que as temperaturas foram maiores na estação chuvosa (3ª e 4ª coletas), isso se deve ao fato que nesta estação o clima local é mais quente. As leituras não foram simultâneas e apesar da primeira leitura ser no ponto P6, este apresentou maiores valores de temperatura, o que pode ser explicado, segundo Oliveira (2018), que por este estar localizado na captação da represa, a maior quantidade de massa de água, que tem calor específico maior que o solo, retarda o decaimento da temperatura em relação aos pontos de foz. Os pontos de amostragem P2 (médio curso do ribeirão dos Burros), P3 (exutório do ribeirão dos Burros), P4 (córrego Grama) e P5 (Exutório do córrego Vista Alegre) são rasos e pouco volumosos. O ponto P1 apresentou temperaturas quase constantes, o que ressalta o importante papel da vegetação para manter condições de temperaturas amenas nos corpos d'água, tendo em vista que nesse ponto há conservação da cobertura da terra por vegetação arbórea, como pode ser observado no mapa de uso e cobertura da terra da Figura 28.

Figura 30 – Resultado das leituras de pH

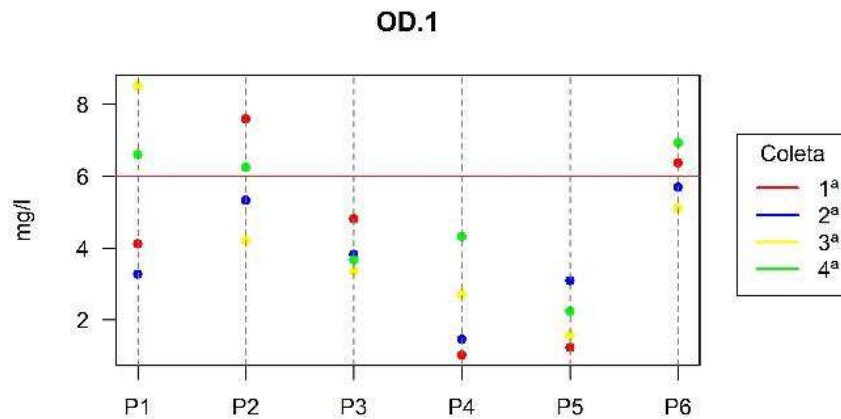


Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

A Figura 30 apresenta os resultados das leituras de pH, que evidenciam que estiveram entre o limite estabelecido pela Resolução Conama nº 357/2005, entre 6,0 e 9,0. Esteves (2011) afirma que o pH é uma variável abiótica importante nos ecossistemas aquáticos, no entanto de difícil interpretação, devido à variedade de fatores que podem afetar sua leitura. Analisando os resultados obtidos, observa-se que houve variação da leitura de pH nas estações seca e chuva em todos os pontos, em que as leituras na época de chuva (3ª e 4ª coletas) apresentaram em sua maioria condições básicas dos corpos hídricos (pH acima de 7,0).

Os valores ácidos no P1, P4 e P5 na estação seca, diferindo um pouco no P2, P3 e P6, mas ainda abaixo de 7,0, mostram a influência do latossolo vermelho-amarelo predominante nessa BCRJP (PEREIRA, 1991). Segundo Souza e Lobato (2020), mais de 95% dos latossolos são distróficos e ácidos, com pH entre 4,0 e 5,5. Foram encontrados valores dessa ordem nas campanhas entre 2012 e 2015, principalmente na nascente (P1).

Figura 31 – Resultado das leituras de OD



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Analisando a Figura 31, que apresenta o gráfico com as leituras de OD, observa-se que todas as quatro leituras deste parâmetro nos pontos amostrais P3, P4 e P5 ficaram abaixo do limite estabelecido por norma (6 mg/L), o que mostra a presença de matéria orgânica na água. Como já mencionado, isso pode ser explicado pelo fato de na região da leitura dos pontos P3, P4 e P5 serem planas contendo bueiros ou pontilhões quem interrompem o fluxo natural, propiciando a proliferação de *Typha domingensis* (taboa) e outras macrófitas flutuantes, sem aeração dos cursos hídricos, conforme pode ser observado na Figura 32, o que demanda, portanto, oxigênio para degradar a matéria orgânica. E ainda, como já mencionado também, o ponto P5, por estar localizado dentro do condomínio Enseada, com algumas residências nas proximidades, pode conter fontes pontuais de efluentes domésticos sem tratamento. Os valores de OD, assim como os dados referentes aos anos de 2012 a 2015, estão em sua maioria em desacordo com a norma, e obedecem à mesma tendência, melhores resultados na nascente e na captação.

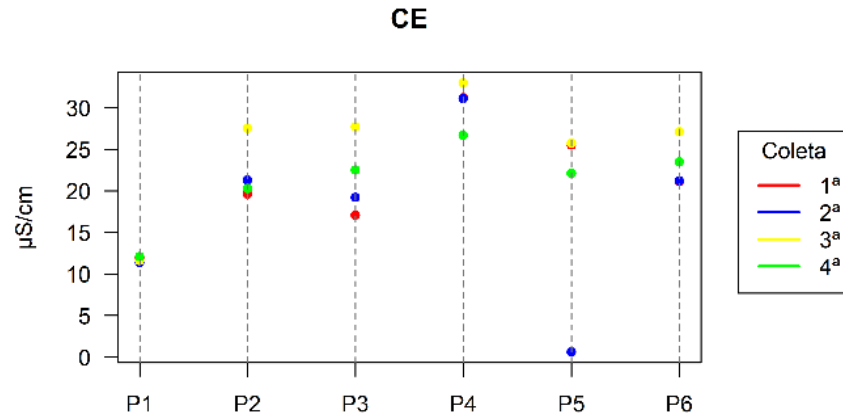
Figura 32 – Fotografia do P3 em 11/02/2020 e P5 em 10/03/2020 evidenciando a presença de *Typha domingensis* (taboa)



Fonte: Autora, 2020.

Apesar da autodepuração do corpo d'água, a metade das leituras de OD no ponto P6, apresentaram-se abaixo do limite. Observa-se também, que as diferentes estações influenciaram nos resultados de OD no ponto P1, em que na estação chuvosa (3^a e 4^a coletas) as leituras foram maiores, possivelmente pela diluição da matéria orgânica devido à presença de chuva nos dias anteriores às leituras. No entanto, mesmo a área deste ponto representar o mínimo de interferência humana, ainda assim apresentou leituras abaixo do limite estabelecido, devido à degradação de matéria orgânica de origem vegetal.

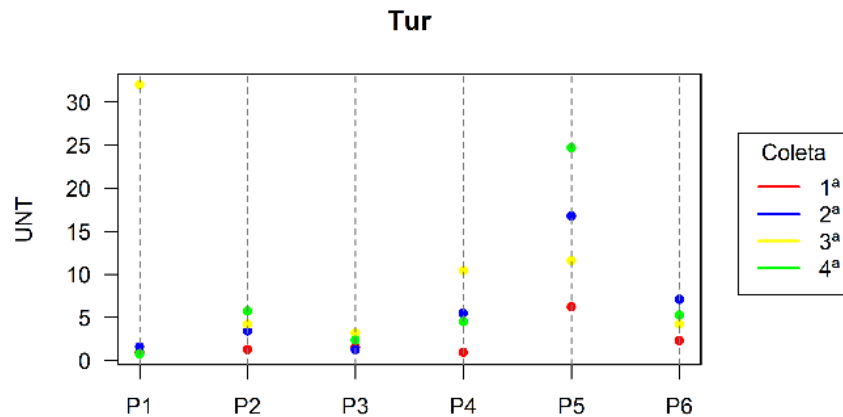
Figura 33 – Resultado das leituras de condutividade elétrica



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Observa-se no gráfico da Figuras 33 que as leituras de condutividade foram maiores no ponto P4, semelhante ao primeiro conjunto de dados. Este ponto localiza-se em uma área com baixa declividade. Além disso este ponto está próximo a uma propriedade rural que possui rebanho de gado de corte, como já mencionado, evidenciado pelo mapa de uso e cobertura da terra na sub bacia desse ponto que predomina a pastagem. As leituras de condutividade no ponto P1 (nascente) foram menores. Isso indica que a CE da água neste ponto é mais influenciada pelas características minerais do solo do que por presença de carga orgânica. Isso pode ser explicado também pela ocupação do entorno, em que a nascente está num fragmento de mata atlântica e tem pouca interferência antrópica.

Figura 34 – Resultado das leituras de turbidez



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

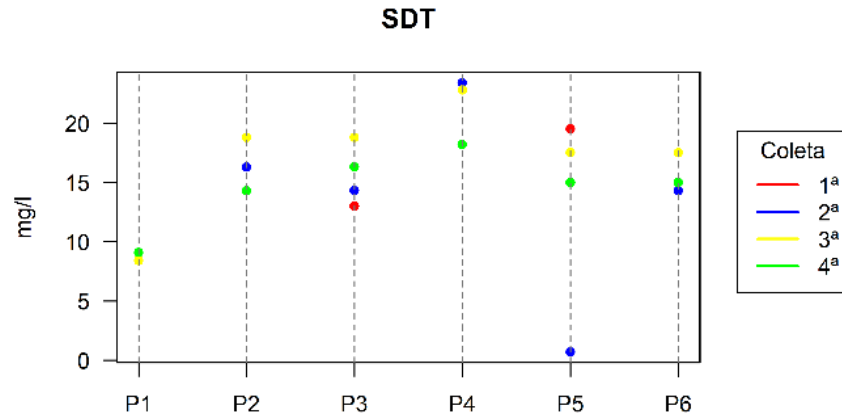
As leituras de turbidez, apresentadas na Figura 34, ficaram abaixo do limite estabelecido pela Resolução Conama nº 357/2005, que preconiza que para água de Classe 1 o limite é de 40 UNT, e por isso não há linha traçada no gráfico do limite. As maiores leituras apresentaram-se no ponto P5, o que podem estar associadas à despejo de esgoto doméstico sem tratamento, bem como pelo fato do local da leitura deste ponto ter pouca velocidade e ser raso. A terceira coleta no ponto P1 apresentou valor bem maior que às outras, isso se deve à ocorrência de chuva no dia e no momento da leitura, o que pode ser observado na Figura 35, com uma fotografia retratando a situação da proximidade da nascente no momento da 3ª leitura dos parâmetros.

Figura 35 – Fotografia do P1 em 11/02/2020



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Figura 36 – Resultado das leituras de sólidos dissolvidos totais



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Os sólidos dissolvidos totais em cursos d'água podem ser oriundos de processos erosivos do solo e lançamento de efluentes domésticos e/ou industriais. Por meio do gráfico de SDT da Figura 36, observa-se que as leituras de SDT no ponto P1 se mantiveram constantes, apresentando aumento nos outros pontos, o que demonstra que as principais fontes de sólidos nas águas estão relacionadas às atividades humanas no ambiente, e que podem ser provenientes de esgotos domésticos com fontes pontuais e difusas, tendo em vista que o ponto P1 representa a área com menor interferência humana e maior área de vegetação arbórea, conforme mapa de uso e cobertura da Figura 28. A represa sofre com o transporte de materiais, por escoamento do solo, com a exposição do solo, com a redução da cobertura vegetal.

Nesta segunda série de dados, apenas o parâmetro OD chamou a atenção pela sua inconformidade com a Resolução Conama nº 357/2005 em quase todas as seis seções e nas quatro campanhas realizadas. A influência da sazonalidade foi menor que na primeira série de dados, entre 2012 e 2015. Os pontos amostrais P1, P2 e P6 apresentaram valores pouco melhores devido a suas particularidades de nascente, área mais rural e captação, respectivamente. Isso mostra como as características dos locais escolhidos foram interessantes para esse monitoramento. As fozes dos principais tributários na represa P3, P4 e P5 requer atenção. Seja por matéria orgânica de origem antrópica ou vegetal, a BCRJP apresenta esse principal problema detectado.

A razão da acomodação dos resultados dos parâmetros físico-químicos pode ser devido ao término da construção da Rodovia AMG-3085 que interrompeu o elevado movimento de terra e de solo exposto a partir de sua inauguração em 2017. Entretanto, as legislações que

tentam mitigar o adensamento populacional na Bacia parecem não surtirem o efeito desejado, o que pode ser um indicativo de piora da qualidade da água devido à expansão urbana para um local que deveria ser de conservação. Conhecendo essa realidade, a sociedade civil pode se mobilizar para evitar que essa Bacia seja ainda mais degradada.

Uma bacia de manancial de abastecimento público com área de cobertura de cerca de 68% de pastagem e apenas 7% de vegetação arbórea, incluída aí Pinus e Eucalipto, e que assistiu a um crescimento da área urbanizada em 40% nos últimos 7 anos indica que não está sendo bem gerenciada. Como um ativo ambiental de elevada relevância para os cidadãos de Juiz de Fora, vale ressaltar que a Bacia está dentro do território do município, demandando acordos internos para um manejo sustentável e adequação a sua principal finalidade: abastecimento de água potável.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa abordou os efeitos dos usos e da cobertura da terra na BCRJP na qualidade da água e destaca que a revisão bibliográfica apresentada apontou para um cenário em que a forma de uso e cobertura da terra na área da bacia não tem sido adequada para a utilização da represa como manancial de abastecimento público, incentivando a deterioração de suas águas. A redução da cobertura vegetal associada à exposição do solo é um dos principais fatores de alteração na qualidade da água, bem como a influência da matéria orgânica de origem natural e antrópica oriunda do escoamento superficial da pastagem e de esgotos doméstico causam uma piora nos parâmetros qualitativos da água.

Os resultados desta pesquisa possibilitaram fazer algumas considerações acerca do comportamento dos parâmetros de qualidade da água e da situação de uso e cobertura da terra na BCRJP.

Os mapas de uso e cobertura da terra possibilitaram a compreensão do espaço da bacia e a modificação das porcentagens das classes de uso entre os anos 2013 e 2019. A maior variação percentual observada entre os anos de 2013 e 2019 foi a diminuição de 96% (0,017 km²) da classe solo exposto, devido à construção da Rodovia do Aeroporto, e conseqüentemente aumento da classe área urbanizada, seguida de uma diminuição de quase 50% (5,285 km²) da classe pasto sujo e aumento de quase 12% (40,412 km²) da classe pastagem. O mapa de uso e ocupação da terra de 2013 serviu também como base para realizar as associações entre as classes e os parâmetros de qualidade da água.

Por meio da análise de agrupamentos foi possível agrupar parâmetros de qualidade da água que apresentam máxima homogeneidade, e a partir dos grupos formados selecionar as variáveis a serem analisadas.

O estudo do comportamento dos parâmetros de qualidade da água selecionados a partir dos dados fornecidos pelo Nagea e das leituras realizadas, permitiu identificar as diferenças significativas por ponto amostral, os principais aspectos a serem monitorados e o enquadramento dos corpos d'água segundo a Resolução Conama n° 357/2005. 80,11 % dos resultados das leituras de OD apresentaram valores em desacordo com o limite mínimo estabelecido em norma, não sendo, portanto, coerente manter atividades que tendem a prejudicar a qualidade da água, ou seja, o uso das águas ficou comprometido em relação ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado, à recreação de contato primário, tais como natação e ainda à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo. O ponto P6, ponto de captação da água da represa

apresentou maior capacidade de diluição do que os tributários, e os pontos dos exutórios dos tributários apresentou uma pior qualidade da água, evidenciando o impacto do uso e cobertura da terra na qualidade da água..

Por meio do teste Kruskal-Wallis os parâmetros de qualidade da água oxigênio consumido, oxigênio dissolvido e nitrogênio total variaram, do ponto de vista estatístico, entre os pontos amostrais. E os parâmetros turbidez, sólidos totais e oxigênio dissolvido variaram, do ponto de vista estatístico, entre as estações de seca e chuva.

As correlações entre as porcentagens de classes de uso e cobertura da terra e os resultados dos parâmetros de qualidade da água apontaram a necessidade de se proteger e preservar a vegetação arbórea, evidenciando a sua importância na qualidade e quantidade de água no manancial. O fato de alterar a série de dados ou escolher outra variável de correlação pode alterar as associações observadas, tendo em vista que outros fatores, além do uso e cobertura da terra, influenciam na qualidade da água, como por exemplo a morfologia, geologia e solos, não levados em consideração nesta pesquisa.

Entre as limitações identificadas durante a pesquisa pode-se destacar que para ter conclusões mais significativas e resultados mais confiáveis de associação entre as variáveis analisadas por meio do teste tau de Kendall, é pertinente ter períodos cada vez maiores de monitoramento da qualidade da água e uso e cobertura da terra; assim como para analisar como as mudanças do uso da terra impactaram na qualidade da água entre os anos, é relevante ter análises laboratoriais e de nutrientes, ou seja, análises de parâmetros semelhantes àqueles fornecidos pelo Nagea. Inicialmente foi prevista uma comparação no tempo entre os usos e cobertura da terra e a qualidade da água na BCRJP, por meio da utilização dos dados fornecidos pelo Nagea e coleta mensal com análise durante todo o ano de 2019. No entanto, a limitação de recurso financeiro e orçamentário para análises de amostras em laboratório restringiu a pesquisa.

De forma geral, fica evidente com o conteúdo apresentado e o contexto exposto nesta dissertação, em trabalhos anteriores referenciados ao longo desta e nas reportagens do jornal Tribuna de Minas apresentadas, que a bacia de contribuição da represa Dr. João Penido requer medidas urgentes para a gestão ambiental da área, visando preservar a água da represa para o uso no abastecimento público. Espera-se que este trabalho possa contribuir para a área de gestão ambiental, apresentando a situação da BCRJP, e ainda, podendo ser base de comparação para trabalhos futuros na área.

É necessário dar continuidade ao monitoramento da qualidade da água da BCRJP, de maneira que se possa acompanhar e avaliar os impactos provocados pelas interferências

antrópicas aqui abordados. Seria interessante o monitoramento atual, ou seja, após a liberação da Rodovia AMG-3085 para uso, visando analisar o impacto do seu uso rotineiro na qualidade da água do manancial. Este monitoramento constitui-se de ferramenta fundamental proporcionando auxílio na tomada de decisões para impedir que problemas decorrentes da deterioração da qualidade da água venham a prejudicar o aproveitamento do manancial, impossibilitando ou onerando significativamente seu uso para abastecimento público.

7 RECOMENDAÇÕES

Diante do exposto e das características do entorno de cada local, nesta seção serão apresentadas algumas recomendações de ações e medidas que visam à melhoria e à conservação da qualidade da água.. Estas podem ser levadas em consideração pelos gestores públicos que direta ou indiretamente, e em maior ou menor grau, detêm responsabilidades relacionadas à conservação de tão importante manancial de abastecimento público de água do município de Juiz de Fora.

7.1 PROTEÇÃO DAS APPS

No ponto amostral P2, apesar de estar em área mais rural, não foi respeitada as APPs de margens de córrego, que neste caso é 30 metros, uma vez que há gado pastando nas proximidades e até dentro do ribeirão dos Burros. O ponto P4 há propriedade rural próxima também, em que não respeita o limite para pastagem. No ponto P6, apesar do poder de autodepuração do manancial, os usos inadequados próximos à barragem e nas margens da represa, também ocupando APPs, acabam prejudicando a qualidade da água. Rocha, Freitas e Casquin (2019) apontam que classe Mata, que deveria ocupar todas as áreas das APPs hídricas da BCRJP, está presente apenas em 17% da área de APP dos corpos hídricos e 15% das margens do reservatório. Segundo os mesmos autores, a classe Pastagem é a que mais se destaca negativamente, ocupando 39% da área de APP dos corpos hídricos e 42% das margens da represa. Ainda, a classe Área Urbanizada está presente em 25% da área de APP de reservatório. De acordo com Rocha e Costa (2015), as APPs hídricas funcionam como faixas de segurança para a qualidade da água do corpo hídrico que elas cercam. Por meio do efeito “filtro”, reduzem o impacto de fontes de poluição, destacando a retenção de sedimentos finos, matéria orgânica, produtos tóxicos e nutrientes carregados pelas precipitações (lixiviação). Minimizam, assim, os processos de assoreamento do corpo d’água, evitando a erosão e estabilizando os solos marginais, sendo uma verdadeira barreira física.

Desta forma, devido à necessidade de manter a qualidade e quantidade da água do manancial para abastecimento público, recomenda-se a recuperação dessas áreas. Ações de fiscalização devem evitar a redução da APP na BCRJP, protegendo do avanço de outras ocupações, ou atividades.

Como consequência da proteção das APPs, mais especificamente nos pontos amostrais P2 e P4, tem-se um melhor manejo da pastagem. A vegetação ripária irá funcionar tanto como

filtro dos poluentes (fertilizantes e excrementos dos animais), dificultando o arraste para os cursos d'água, como de barreira física, de forma que o animais não cheguem a pastar nos cursos d'água.

7.2 CONTROLE DO LANÇAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS

Os resultados do monitoramento da qualidade da água na BCRJP evidenciaram os impactos pelo despejo de efluentes domésticos sem tratamento nos corpos hídricos, mais especialmente nos pontos amostrais P3 e P5. Assim, para que haja água de boa qualidade para abastecimento atual e futuro, é necessário executar o controle desses despejos. Deve haver exigência do tratamento do esgoto. Este pode ser feito por meio de fossa séptica ou fossa ecológica, soluções pontuais e locais.

7.3 MANUTENÇÃO DOS BUEIROS E/OU PONTILHÃO

Os pontos amostrais P2, P3 e P4 contém bueiros / pontilhões que interrompem o fluxo natural, o que propicia a proliferação de macrófitas aquáticas, como já mencionado. Suas raízes dificultam o escoamento da água, e a falta de cuidado reflete no assoreamento dos cursos d'água e do manancial, o que acaba por reduzir sua capacidade de armazenamento. O órgão responsável pela Rodovia AMG-3085, DEER/MG, deve dar atenção a estes locais, no sentido de executar manutenções preventivas, de forma a evitar o assoreamento.

7.4 CONTROLE DO CRESCIMENTO DAS OCUPAÇÕES

Apesar do intervalo de tempo de sete anos estudado ser relativamente curto para haver uma mudança significativa nas ocupações na BCRJP, percebeu-se por meio dos mapas de uso e cobertura de 2013 e 2019 que houve variação em todas as classes. Cabe destacar que houve aumento considerável na classe área urbanizada e na classe pastagem. Rocha, Freitas e Casquin (2019) enfatizam que essas duas classes possuem grande potencial de interferir no equilíbrio ambiental da represa: a primeira devido aos esgotos domésticos e a segunda, devido aos nutrientes e matéria orgânica (manejo das pastagens e fezes dos animais). Os resultados do monitoramento da qualidade da água corroboram essa afirmação. Ainda, a instalação da Rodovia AMG-3085 induzirá ocupação antrópica a médio e longo prazo. Verifica-se que

qualquer acréscimo das cargas que atualmente tem acesso aos corpos hídricos e à represa elevará o custo de tratamento da água dada a necessidade de aplicação de processos corretivos.

Dessa forma, torna-se necessário uma ação de controle, um bom gerenciamento da bacia visando preservar a qualidade da água do manancial para abastecimento público.

REFERÊNCIAS

- ANA – Agência Nacional de Águas. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. 325 p.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Panorama Nacional Atlas Brasil**. Abastecimento urbano de água. v. 1. Brasília, DF: ANA, 2010.
- ANDERSON, J. R. *et al.* **Sistema de Classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados e sensores remotos**. Rio de Janeiro: SUPREN-IBGE, 1979. 78 p. (Série Paulo Assis Ribeiro).
- APHA – American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22. ed. Washington, DC: APHA, 2012.
- BERNHARDT, H. Control of reservoir water quality. *In*: HAHN, H. H.; KLUTE, R. (ed.). **Chemical Water and Wastewater Treatment**. Berlim: Springer, 1990.
- BIE, C. A. J. M. de; LEEUWEN, J. A. van; ZUIDEMA, P. A. **The land use database: a knowledge-based software program for structured storage and retrieval of userdefined land use data sets: user's reference manual**. Version 1.04 for MS-DOS. [Enschede, The Netherlands]: International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation: Food and Agriculture Organization: United Nations Environment Programme: Wageningen University, 1996. 41 p. Disponível em: <http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/LM/SUSLUP/Luse/Manual/chap2.pdf> Acesso em: 10 abr. 2020.
- BOSSARD, M.; FERANEC, J.; OTAHEL, J. (org.). **Corine land cover technical guide: addendum 2000**. Copenhagen: European Environment Agency, 2000. Technical report, n. 40. Project manager: Chris Steenmans; European Environment Agency. Disponível em: <http://www.eea.europa.eu/publications/tech40add>. Acesso em: 10 abr. 2020.
- BOSTANMANESHRADE, F.; PARTANI, S.; NOORI, R.; NACHTNEBEL, H.; BERNDTSSON, R.; ADAMOWSKI, J. F. Relationship between water quality and macro-scale parameters (land use, erosion, geology, and population density) in the Siminehrood River Basin. **Science of the Total Environment**, v. 639, p. 1588-1600, 15 out. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.244>. Acesso em: 13 nov. 2019.
- BRASIL. **Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934**. Decreta o Código das águas. Brasília: Câmara dos Deputados, 1934. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-24643-10-julho-1934-498122-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 28 jun. 2019.
- BRASIL. **Decreto nº 87.561, de 13 de setembro de 1982**. Dispõe sobre as medidas de recuperação e proteção ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e dá outras providências. Brasília: Câmara dos Deputados, 1982. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1980-1987/decreto-87561-13-setembro-1982-437707-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 28 jun. 2019.

BRASIL. **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: Casa Civil, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm#art83. Acesso em: 28 jun. 2019.

BRASIL. **Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965**. Institui o novo Código Florestal. Brasília: Casa Civil, 1965. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm. Acesso em: 28 jun. 2019.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília: Casa Civil, 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 28 jun. 2019.

BRASIL. **Resolução Conama nº 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. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2019.

BREJÃO, G. L. **Estradas, alagados antrópicos, peixes e a fragmentação de redes fluviais em uma paisagem agrícola do Nordeste do Pará**. 2012. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Göeldi, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Belém, 2012.

BUCCI, M. M. H. S. **Caracterização da qualidade da água na represa Dr. João Penido (Juiz de Fora, MG)**. 2011. 161 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2011.

BUCCI, M. M. H. S. **Estudo da qualidade da água na represa Dr. João Penido: metais, agrotóxicos, índices de qualidade da água e de estado trófico (Juiz de Fora, MG)**. 2015. 163 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2015.

BUCCI, M. M. H. S. *et al.* Análise de metais, agrotóxicos, parâmetros físico-químicos e microbiológicos nas águas da represa Dr. João Penido, Juiz de Fora, MG. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 10, n. 4, out./dez. 2015.

BUCCI, M. M. H. S.; OLIVEIRA, L. F. C. Índices de qualidade da água e de estado trófico na represa Dr. João Penido (Juiz de Fora, MG). **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 9, n. 1, jan./mar. 2014.

BUCK, O.; NIYOGI, D. K.; TOWNSEND, C. R. Scale-dependence of land use effects on water quality of streams in agricultural catchments. **Environmental pollution**, [s. l.], v. 130, n. 2, p. 287–99, jul. 2004.

BUFON, A. G. M.; LANDIM, P. M. B. Análise da qualidade da água por metodologia estatística multivariada na Represa Velha (CEPTA/IBAMA/Pirassununga/SP). **Holos Environment**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 43, 2007.

CARNEIRO, C.; ANDREOLI, C. V. (ed.) **Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados**. Curitiba: Sanepar; Finep, 2005. 500 p.

CASQUIN, A. P. **Fatores determinantes da qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Preto**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

CESAMA – COMPANHIA DE SANEAMENTO MUNICIPAL. **Mananciais**. Represa Dr. João Penido. Juiz de Fora, 2019. Disponível em: <http://www.cesama.com.br>. Acesso em: 20 jun 2019.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Poluição, proteção e usos múltiplos das represas**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1977. 185 p.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Qualidade das águas doces do estado de São Paulo**. Apêndice E – Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade. São Paulo: CETESB, 2016. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf> Acesso em: 20 jun. 2019.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB 2008.

ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

FOOD and Agriculture Organization of the United Nations – FAO. **A framework for land evaluation**. Soils Bulletin, n. 32. Rome, Italy: FAO, 1976. 72 p. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/x5310e/x5310e00.htm>. Acesso em: 21 ago. 2020.

FORSYTH, A. R.; BUBB, K. A.; COX, M. E. Runoff, sediment loss and water quality from forest roads in a southeast Queensland coastal plain Pinus plantation. **Forest Ecology and Management**, [s. l.], v. 221, p. 194-206, 2006.

GAIO, G. D. **A Zona de descontinuidade urbana da remonta e sua influência na qualidade das águas do Ribeirão das Rosas – Juiz de Fora/MG**. 2019. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2019.

GODWIN, K. S.; HAFNER, S. D.; BUFF, M. F. Long-term trends in sodium and chloride in the Mohawk River, New York: the effect of fifty years of road-salt application. **Environmental Pollution**, [s. l.], v. 124, p. 273-281. 2003.

GOMES, M. P. Influência do uso na qualidade da água no bioma Cerrado: um estudo comparativo entre bacias hidrográficas no estado de Goiás, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 172-187, 2009.

GU, Q. *et al.* Characterizing the spatial variations of the relationship between land use and surface water quality using self-organizing map approach. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 102, p. 633-343, jul. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.03.017>. Acesso em: 11 nov. 2019.

IGAM. **Portal InfoHidro**. Informações sobre recursos hídricos. Belo Horizonte: IGAM, 2018. Disponível em: <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/sem-categoria/318-agua-superficial> Acesso em: 29 abr. 2020.

ILEC – INTERNATIONAL LAKE ENVIROMENT COMMITEE FOUNDATION. **Integrated Lake Basin Management: An Introduction**. Kusatsu, Japan: International Lake Enviroment Commitee Foundation, 2007. Disponível em: http://www.ilec.or.jp/eg/pubs/ILBM_Report_E_07oct02.pdf . Acesso em: 20 jun. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico de uso da terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2013.

JIA, Z.; BIAN, J.; WANG, Y. Impacts of urban land use on the spatial distribution of groundwater pollution, Harbin City, Northeast China. **Journal of Contaminant Hydrology**, [s. l.], v. 215, p. 29-38, ago. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2018.06.005> Acesso em: 02 jun. 2020.

JUIZ DE FORA sempre. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano**. FUNALFA Edições. Juiz de Fora, 2004.

KÄNDLER, M. *et al.* Impact of land use on water quality in the upper Nisa catchment in the Czech Republic and in Germany. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 586, p. 1316-1325, 15 maio 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.221>. Acesso em: 22 maio 2019.

KIRA, T.; SAZANAMI, H. Utilização de recursos hídricos e problemas de gerenciamento de lagos. *In*: HASHIMOTO, M. (ed.). **Diretrizes para o gerenciamento de lagos**. Japão, 1995. v. 3, p. 6.

LCRA. Lower Colorado River Authority. **Colorado River Watch Network: Water Quality Monitoring**. 9. ed. Austin: [s. n.], 2012.

MACHADO, P. J. O. **Diagnóstico ambiental e ordenamento territorial** – instrumentos para a gestão da Bacia de Contribuição da Represa de Chapéu D'ùvas/MG. 2012. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Geografia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2012.

MARMONTEL, C. V. F.; LUCAS-BORJA, M. E.; RODRIGUES, V. A.; ZEMA, D. A. Effects of land use and sampling distance on water quality in tropical headwater springs (Pimenta creek, São Paulo State, Brazil). **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 622–623, p. 690-701, 1 maio 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.011>. Acesso em: 13 nov. 2019.

MELLO, K. de *et al.* Effects of land use and land cover on water quality of low-order streams in Southeastern Brazil: Watershed versus riparian zone. **Catena**, [s. l.], v. 167, p. 130–138, ago. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.04.027>. Acesso em: 03 set. 2020.

MENESES, B. M. *et al.* Land use and land cover changes in Zêzere watershed (Portugal) – Water quality implications. **Science of the Total Environment**, v. 527–528, p. 439-447, 15 set. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.04.092>. Acesso em: 13 nov. 2019.

MENEZES, J. P. C.; BERTOSI, A. P. A.; SANTOS, A. R.; NEVES, M. A. Correlação entre uso da terra e qualidade da água subterrânea. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 173-186, abr./jun. 2014.

MENEZES, L. C. B; GARGIULO, J. R. B. C.; MONTEIRO-JUNIOR, A. J. Qualidade da água em locais de pesca artesanal no complexo Billings, São Paulo. **Bioikos**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 43-53, jan./jun., 2016.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM). **Deliberação Normativa nº 16, de 24 de setembro de 1996**. Dispõe sobre o enquadramento das águas estaduais da bacia do rio Paraibuna. Belo Horizonte: COPAM, 1996. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=113>. Acesso em: 28 fev. 2010.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa COPAM nº 16, de 24 de setembro de 1996**. Dispõe sobre o enquadramento das águas estaduais da bacia do rio Paraibuna. Belo Horizonte: COPAM, 1996. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=113>. Acesso em: 27 nov. 2019.

OBRAS de condicionantes ambientais têm início na AMG-3085. **Tribuna de Minas**, Juiz de Fora, 7 set. 2018. Cidade. Disponível em: <https://tribunademinas.com.br/noticias/cidade/07-09-2018/obras-de-condicionantes-ambientais-tem-inicio-na-amg-3085.html>. Acesso em: 18 ago. 2020.

OBRAS de proteção da Represa João Penido estão interrompidas na AMG-3085. **Tribuna de Minas**, Juiz de Fora, 21 jan. 2020. Cidade. Disponível em: <https://tribunademinas.com.br/noticias/cidade/21-01-2020/obras-de-protecao-da-represa-joao-penido-estao-interrompidas-na-amg-3085.html> Acesso em: 18 ago. 2020.

OLIVEIRA, M. **Limnologia da Paisagem com uso de Regressão Geograficamente Ponderada**: estudo da qualidade da água na represa de Chapéu D'Úvas, MG. 2018. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2018.

PATRA, S. *et al.* Impacts of urbanization on land /cover changes and its probable implications on local climate and groundwater level. **Journal of Urban Management**, [s. l.], v. 7, p. 70-84, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jum.2018.04.006>. Acesso em: 11 nov. 2019.

PEREIRA, M. J. A. **Estudos limnológicos preliminares da represa Dr. João Penido – Juiz de Fora – MG.** 1991. Monografia (pós-graduação *latu sensu* em Ecologia e Manejo de Águas Interiores). Universidade de São Carlos. São Carlos, 1991.

POCEWICZ, A.; GARCIA, E. Deforestation facilitates widespread stream habitat and flow alteration in the Brazilian Amazon. **Biological Conservation**, [s. l.], v. 203, p. 252-259, 2016.

POMPÊO, M. Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas. **Oecologia brasiliensis**, [s. l.], v. 12, n. 3, p. 406-424, 2008.

PREFEITURA DE JUIZ DE FORA. **Anuário Estatístico de Juiz de Fora 2009.** Banco de dados 2009. Juiz de Fora: PJF, 2009. Disponível em: <http://www.pjf.mg.gov.br> Acesso em: 20 jun. 2019.

PREFEITURA DE JUIZ DE FORA. **Decreto N.º 13.520, de 17 de janeiro de 2019.** Suspende, em caráter temporário, a emissão de licenças e autorizações nas áreas que menciona. Juiz de Fora: Câmara Municipal de Juiz de Fora, 2019.

PREFEITURA DE JUIZ DE FORA. **Lei nº 11.817, de 04 de agosto de 2009.** Altera a lei municipal nº 6.087, de 4 de dezembro de 1981, e dá outras providências. Juiz de Fora: Câmara Municipal de Juiz de Fora, 2009.

PREFEITURA DE JUIZ DE FORA. **Lei nº 13.672, de 15 de março de 2018.** Proíbe a utilização dos mananciais do Município para os fins incompatíveis com a sua destinação. Juiz de Fora: Câmara Municipal de Juiz de Fora, 2018.

PREFEITURA DE JUIZ DE FORA. **Lei nº 6.087, de 04 de dezembro de 1981.** Dispõe sobre o parcelamento, uso e ocupação do solo, na área da bacia hidrográfica da represa Dr. João Penido, em Juiz de Fora e dispões outras providências. Juiz de Fora: Câmara Municipal de Juiz de Fora, 1981.

PREFEITURA DE JUIZ DE FORA. **Lei nº 6.910, de 31 de maio de 1986.** Dispõe sobre o ordenamento do uso e ocupação do solo no município de Juiz de Fora. Juiz de Fora: Câmara Municipal de Juiz de Fora, 1986.

PREFEITURA DE JUIZ DE FORA. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano.** Juiz de Fora: FUNALFA Edições, 2004.

RABELO, C. G.; FERREIRA, M. E.; ARAÚJO, J. V. G.; STONE, L. F.; SILVA, S. C.; GOMES, M. P. **Influência do uso na qualidade da água no bioma Cerrado: um estudo comparativo entre bacias hidrográficas no estado de Goiás, Brasil.** Revista Ambiente e Água, v. 4, n. 2, p. 172-187, 2009.

REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil – capital ecológico, uso e conservação.** 3. ed. São Paulo: Editora Escrituras, 2006. 748 p.

RIBEIRO, C. R. **Planejamento ambiental e gestão de recursos hídricos na bacia hidrográfica da Represa de Chapéu D’úvas – zona da mata e campo das vertentes/MG.** 2012. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2012.

RIBEIRO, C. R.; LEAL, A. C. Inventário do meio físico como subsídio ao planejamento ambiental: Estudo aplicado na bacia hidrográfica da represa de Chapéu D'úvas – Zona da Mata e Campo das Vertentes/MG. **Revista Geonorte**, [s. l.], Edição Especial, v. 3, n. 4, p. 1045-1058, 2012.

ROCHA, A. A.; BRANCO, S. M. **Proposições básicas para a proteção ambiental da represa Dr. João Penido em Juiz de Fora, MG**. São Paulo: [s. n.], 1986.

ROCHA, C. H. B. *et al.* Dinâmica de parâmetros limnológicos e uso e cobertura da terra nas bacias hidrográficas das represas Dr. João Penido e São Pedro, Juiz de Fora (MG). **Principia**, v. 18, n. 1, p. 11-20, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34019/2179-3700.2018.v18.29780> Acesso em: 12 jul. 2020.

ROCHA, C. H. B.; CASQUIN, A. P.; PEREIRA, R. O. Correlations chart: Tool to analyse the dynamics of water quality parameters. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s. l.], v. 23, n. 5, p. 383-390, 2019.

ROCHA, C. H. B.; COSTA, H. F. Variação temporal de parâmetros limnológicos em manancial de abastecimento em Juiz de Fora, MG. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s. l.], v. 20, n. 2, p. 543-550, abr./jun. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh>. Acesso em: 13 abr. 2020.

ROCHA, C. H. B.; FREITAS, F. A.; CASQUIN, A. P. Conflitos de uso da terra nas APPs hídricas de manancial da zona da mata mineira, Brasil. **Boletim Goiano de Geografia**, [s. l.], v. 39, p. 1-22, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5216/bgg.v39i0.50021> Acesso em: 05 abr. 2020.

ROCHA, C. H. B.; FREITAS, F. A.; SILVA, T. M. S. Alterações em variáveis limnológicas de manancial de Juiz de Fora devido ao uso da terra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s. l.], v. 18, n. 4, p. 431-436, 2014.

ROCHA, C. H. B.; PEREIRA, A. M. Análise multivariada para seleção de parâmetros de monitoramento em manancial de Juiz de Fora, Minas Gerais. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 11, n. 1, jan./mar. 2016.

ROCHA, C. H. B.; SILVA, T. M. S.; FREITAS, F. A. Processos condicionantes de alterações em variáveis limnológicas: uma abordagem estatística na Represa de São Pedro, Juiz de Fora (MG). **Engenharia Sanitária Ambiental**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 131-138, 2016.

ROCHA, C. H. B.; PEREIRA, B. H. C.; SILVA, A. F. R.; OLIVEIRA, M.; CASQUIN, A. P.; FIGUEIREDO, M. R. Impactos do uso do solo nos recursos hídricos da bacia de contribuição do Lago dos Manacás, Minas Gerais, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 11, n. 4, p. 929-942, out./dez. 2016.

RODRIGUES, V. *et al.* Effects of land use and seasonality on stream water quality in a small tropical catchment: The headwater of Córrego Água Limpa, São Paulo (Brazil). **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 623-623, p. 1553-1561, 1 maio 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.028>. Acesso em: 13 nov. 2019.

RONG, Y. **Practical environmental statistics and data analysis**. Glendale: ILM Publications, 2011. 269 p.

SABINO, C. V. S.; LAGE, L. V.; NORONHA, C. V. Variação sazonal e temporal da qualidade das águas em um ponto do Córrego Gameleiras usando técnicas quimiométricas robustas. **Eng Sanit Ambiental**, [s. l.], v. 22, n. 5, p. 969-983, set./out. 2017.

SILVA, T. M. **Uso da terra e qualidade da água na Bacia de contribuição da Represa Dr. João Penido, Juiz de Fora (MG)**. 2015. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2015.

SISEMA. **Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos**. Belo Horizonte: IDE-Sisema, 2019. Disponível em: idesisema.meioambiente.mg.gov.br. Acesso em: 30 abr. 2020.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Latossolos**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2000. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html. Acesso em: 07 set. 2020.

STRAŠKRABA, M.; TUNDISI, J. G. **Gerenciamento da Qualidade da água de Represas**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. v. 9. (Diretrizes para o gerenciamento de lagos, 9)

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997. (Col. ABRH de Recursos Hídricos, v. 4)

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu – SP. **Eclética Química**, São Paulo, v. 22, p. 49-66, 1997.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. **Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, n. 1, p. 55–64, 2010.

VEREADOR cobra conclusão de obras ambientais na AMG-3085. **Tribuna de Minas**, Juiz de Fora, 8 jan. 2019. Cidade. Disponível em <https://tribunademinas.com.br/noticias/regiao/08-01-2019/vereador-cobra-conclusao-de-obras-ambientais-na-amg-3085.html> Acesso em: 18 ago. 2020.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. v. 1. 470 p.

WANG, X.; YIN, Z. Y. Using GIS to assess the relationship between land use and water quality at a watershed level. **Environment International**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 103–114, 1997. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S0160-4120\(96\)00081-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0160-4120(96)00081-5) Acesso em: 07 set. 2020.

WHITE, P.; RUBLE, C. L.; LANE, M. E. The effect of changes in land use on nitrate concentration in water supply wells in southern Chester County, Pennsylvania. **Environmental Monitoring Assessment**, [s. l.], v. 185, p. 643–651, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10661-012-2581-5> Acesso em: 11 nov. 2019.

XU, J.; JIN, G.; TANG, H.; MO, Y.; WANG, Y.; LI, L. Response of water quality to land use and sewage outfalls in different seasons. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 696, 15 dez. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134014>. Acesso em: 13 nov. 2019.