



INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO E DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA DO RIBEIRÃO ESPÍRITO SANTO – JUIZ DE FORA/MG

Isabela Regina da Silva¹, Emília Marques Brovini², Renata de Oliveira Pereira³ e Maria Helena Rodrigues Gomes⁴

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência que a precipitação e o uso e ocupação do solo da bacia exercem sobre a qualidade da água do ribeirão Espírito Santo (RES). Foram analisados parâmetros de qualidade da água medidos em dez campanhas amostrais em três pontos no RES. Calcularam-se os índices de qualidade da água e de conformidade de enquadramento de cada ponto. Analisou-se estatisticamente a influência do período chuvoso e seco, e do uso e ocupação do solo na qualidade da água. Na área menos urbanizada, com atividades agropecuárias predominantes, verificou-se maior influência da pluviosidade na variação de alguns parâmetros e, nas áreas mais urbanizadas, a pluviosidade apresenta menor importância frente ao lançamento de efluentes. Destaca-se que o RES apresenta pontos cuja qualidade da água está degradada, sendo que o ponto que apresenta a pior qualidade e maior desconformidade de enquadramento é aquele que se encontra mais próximo do distrito industrial.

Palavras-chave: Índice de qualidade da água. Índice de conformidade de enquadramento. Poluição.

1 Introdução

As poluições ocasionadas pela precipitação em uma região podem modificar a qualidade da água de uma bacia hidrográfica (KOSAK et al., 2019). Estudos mostraram os efeitos adversos da pluviosidade na qualidade das águas do rio Newport, Carolina do Norte – EUA. Os autores concluíram que elevadas precipitações ocasionaram um aumento de coliformes termotolerantes, *E. coli* (EC) e *Enterococcus* (COULLIETTE; NOBLE, 2008). Outro estudo mostrou o impacto das chuvas na qualidade das águas do rio Dongjiang – China. A precipitação foi correlacionada com cianeto, chumbo, ferro, manganês e turbidez (CHE, LIN, FAN, 2019). Um estudo no rio Siriri – Brasil revelou o aumento de poluentes em época chuvosa advindos de atividades agrícolas e de esgotos urbanos, sendo que o fator sazonal teve influência direta nos parâmetros clorofila a, temperatura, nitrogênio, fósforo totais e turbidez (CRUZ et al., 2019). O estudo de Silva et al. (2019), também mostrou que a qualidade da água apresentou parâmetros mais desconformes

com a legislação em época chuvosa no rio Tamandú – Brasil.

O uso e a cobertura do solo também afetam diretamente a qualidade das águas superficiais de uma bacia hidrográfica, sendo correlacionado aos diferentes usos daquele local (MELLO et al., 2020). Um estudo nos rios Sekampung Hulu e Sangharus, na Indonésia, mostrou que os locais utilizados como pastagem e floresta apresentaram relação com sólidos em suspensão na água (SOMURA et al., 2018). Um estudo na Tailândia, mostrou que a concentração de nutrientes na água de sub-bacias (principalmente nitrogênio e fósforo) aumentou no caso de usos urbanos do solo seguido pela agricultura (YADAV et al., 2019). O trabalho de Santy, Mujumdar e Bala (2020) mostraram que o aumento de terras agrícolas leva a uma crescente concentração de nutrientes e o aumento de área construída leva a um maior número de coliformes termotolerantes no rio Ganga, na Índia. E um estudo na sub-bacia hidrográfica Cabosol, no Brasil, mostrou o decréscimo dos Índices de Qualidade da Água e de Estado Trófico,

¹E-mail: isabela.silva@engenharia.ufjf.br

²E-mail: emilia.brovini@engenharia.ufjf.br

³E-mail: renata.pereira@ufjf.edu.br

⁴E-mail: mariahelena.gomes@ufjf.edu.br

devido ao aumento das atividades antrópicas (SILVA et al., 2019).

As pequenas bacias hidrográficas possuem um maior reflexo negativo quando manejadas de forma inadequada, provocando alterações nas respostas hidrológicas, redução da capacidade hidráulica de reservatórios e alteração da qualidade da água de toda uma região (FINKLER et al., 2016). Desta forma, monitorar os parâmetros de qualidade da água, além de estudos hidroquímicos e utilizá-los como ferramentas para a avaliação de uma determinada microbacia são essenciais, contribuindo para a melhoria da biota aquática e o alcance de metas para despoluição das águas (GANIYU et al., 2018).

Tendo o conhecimento do comportamento dos corpos d'água e de seu ecossistema é que o poder público conseguirá desenvolver políticas públicas de preservação e manutenção da qualidade e da quantidade de água minimizando as causas que costumam desencadear uma crise hídrica, visto que as pesquisas podem contribuir com a previsão de desequilíbrios causados por diversas atividades e o estabelecimento de orientações para que as ocupações sejam ordenadas (TURATTI; MAZZARINO, 2018).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da água do ribeirão Espírito Santo (RES), em períodos secos e chuvosos, e a influência que o uso e

ocupação do solo da bacia exercem sobre os parâmetros de qualidade da água, índice de qualidade da água (IQA) e índice de conformidade de enquadramento (ICE).

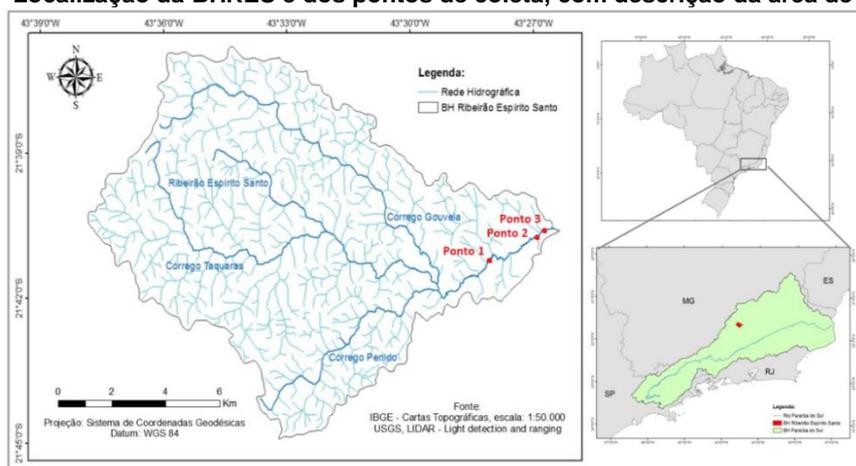
2 Metodologia

2.1 Caracterização da área de estudo

A cidade de Juiz de Fora – MG, considerada o principal polo regional da Zona da Mata Mineira, apresenta atrativos que reforçam a importância de estudos sobre a dinâmica de ocupação espacial. Segundo o IBGE (2010), a cidade apresentou um crescimento significativo de 13,37% nos últimos dez anos, justificado pelo fato de o município deter condições básicas de infraestrutura, mercado, logística, aeroporto além de sua localização estratégica dada pela proximidade com os grandes centros do país como Rio de Janeiro, Belo Horizonte e São Paulo. Aliado a esse crescimento, ocorreu também o aumento da atividade industrial (SOARES et al., 2016).

E é nesse contexto que se encontra a bacia hidrográfica do ribeirão Espírito Santo (BHRES), que tem como curso d'água principal o RES que atravessa todo o distrito industrial da cidade até desaguar no rio Paraibuna (Figura 1). Adicionalmente, o RES é um dos principais mananciais da cidade de Juiz de Fora (CESAMA, 2019).

Figura 1 - Localização da BHRES e dos pontos de coleta, com descrição da área de drenagem



Fonte: Adaptado de Silva et al. (2018)

A BHRES localiza-se a noroeste da cidade Juiz de Fora. O RES é afluente do rio Paraibuna pela margem direita, fazendo parte da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul (BRPS) (PINTO et al., 2014). A BHRES é

caracterizada por predominante ocupação rural: pastagens, silvicultura e mata. A área construída corresponde a apenas 0,42% da BHRES, concentrada próxima ao exutório, especialmente em uma área que abrange

parte do distrito industrial de Juiz de Fora (PINTO et al., 2014).

Ao longo do RES foram escolhidos três pontos de amostragem (Figura 1): o primeiro, localizado em área predominantemente rural nas coordenadas 21°41'6,40" Sul e 43°28'1" Oeste. Esse ponto possui atividade pecuária intensa e lançamento de efluentes agroindustriais sem tratamento. O segundo, à jusante da estação de tratamento de água (ETA), localizado nas coordenadas 21°40'42,67" Sul e 43°27'2,01" Oeste. E o terceiro, localizado nas coordenadas 21°40'35,49" Sul e 43°26'48,9" Oeste, próximo à foz do ribeirão onde ocorre

um intenso lançamento de efluentes industriais (Figura 2). Esses efluentes carecem tanto de coleta, como de tratamento e são despejados *in natura* no RES (PREFEITURA MUNICIPAL DE JUIZ DE FORA, 2013). De acordo com a Deliberação Normativa COPAM nº 016, de 24 de setembro de 1996 (MINAS GERAIS, 1996), o RES, de sua nascente até a captação de água pela ETA é enquadrado como rio de classe 1 e, após a captação até desaguar no rio Paraibuna, é enquadrado como classe 2. Sendo assim, o ponto 1 está na região com enquadramento na classe 1 e os pontos 2 e 3, no trecho do RES enquadrado como classe 2.

Figura 2 - Caracterização dos pontos de amostragem



Fonte: Adaptado de Google Earth (2020)

2.2 Uso e ocupação do solo

No estudo de uso e ocupação do solo da BHRES foi utilizada imagem do satélite LANDSAT 8 (OLI), obtida no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), referente ao dia 28 de agosto de 2017. Para realizar o georreferenciamento da imagem para correção geométrica da mesma, utilizou-se o software ArcGis® 10.0.

Para obtenção da classificação do uso e ocupação do solo da imagem foi utilizado o método de classificação supervisionada por máxima verossimilhança do software ENVI® 5.2. Ao final desse processo, a imagem foi cortada por máscara utilizando o limite da BHRES obtido através da manipulação do modelo digital de elevação da bacia no software ArcGis® 10.0. Os dados utilizados foram obtidos por levantamento pelo software LIDAR (*Light detection and ranging*) com resolução espacial de 5 m. Em seguida, a imagem classificada foi importada para o software DINAMICA-EGO onde foram calculadas as áreas

correspondentes a cada classe e suas porcentagens de ocupação em relação à área total da bacia. Para a avaliação da precisão da classificação, foi utilizada a ferramenta *confusionmatrix* do software ENVI® 5.2 para o cálculo do índice kappa, avaliado de acordo com a metodologia de Galparsoro e Fernández (2001). O mapa do uso e ocupação do solo de cada um dos três pontos foram gerados pelo ArcGis® 10.0, utilizando o mesmo procedimento descrito anteriormente.

2.3 Análises dos parâmetros de qualidade da água

As amostras de água dos três pontos foram coletadas ao longo de dez campanhas entre os anos de 2013 e 2017 seguindo o recomendado pela NBR 9898 (ABNT, 1987). As análises foram realizadas em laboratório externo e no Laboratório de Qualidade Ambiental (LAQUA) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Os parâmetros foram obtidos seguindo os métodos apresentados no Quadro I de acordo com o *Standard*

Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012). Devido às limitações laboratoriais não foi possível realizar todas as análises em todas as campanhas.

No Quadro 2 encontram-se as análises e datas correspondentes a cada campanha. Os valores encontrados dos parâmetros de qualidade da água foram comparados com os limites estabelecidos na

resolução nº 357 (CONAMA, 2005) e na Deliberação Normativa conjunta COPAM/CERH nº 01 (MINAS GERAIS, 2008), sendo que os valores dos parâmetros coliformes termotolerantes (CTer) e *E.coli* foram também comparados aos estabelecidos pela resolução nº 274 (CONAMA, 2000).

Quadro 1 - Parâmetros de qualidade da água e seus respectivos métodos de análise utilizados

Parâmetro	Método de análise	Equipamento
DBO _{5,20}	5210.B	-
DQO	5220.D	Espectrofotômetro
Cor aparente	2120.C	Colorímetro
Clorofila	-	Phyto-Pam
Turbidez	2130.B	Turbidímetro
<i>E.coli</i>	9223.B	Colilert® e Colitag®
Coliformes termotolerantes	9222.B	-
Sólidos Totais	2540.B	-
Fósforo Total	4500 P E	-
Nitrogênio Total	4500.N C	-
UV-Vis 254 nm	5910.B	Espectrofotômetro
Ferro dissolvido	TPTZ	Kit ferro dissolvido HACH
Nitrato	4500-NO ₃ ⁻ .E	Kit nitrato HACH
Oxigênio Dissolvido	4500.OG	HANNA HI9828 e HACH 58258-00
Condutividade	2510.B	Sonda HANNA HI9828
Salinidade	2520.B	
Temperatura	2550.B	
pH	4500.B	
Sólidos Dissolvidos Totais	-	-

DBO_{5,20}: Demanda Bioquímica de Oxigênio. DQO: Demanda Química de Oxigênio. UV-Vis 254 nm: absorvância ao comprimento de onda de 254 nm.

Fonte: APHA (2012)

Quadro 2 - Datas, local e parâmetros analisados em cada campanha

Data	Laboratório externo	LAQUA	In loco-RES
1ª Campanha - 09/06/2013	DBO _{5,20} , DQO, PT, NT, CTer	Cor	pH, SDT, OD, temperatura, condutividade, salinidade
2ª Campanha - 01/09/2013		Cor e turbidez	
3ª Campanha - 21/10/2013			
4ª Campanha - 16/12/2013			
5ª Campanha - 19/01/2014			
6ª Campanha - 20/03/2014			
7ª Campanha - 30/03/2015	-	DQO, cor, turbidez, Fe	
8ª Campanha - 13/05/2016	-	DQO, cor, turbidez, nitrato, Fe, clorofila, UV-Vis 254 nm	
9ª Campanha - 13/10/2016	-	DQO, cor, turbidez, nitrato, Fe, CTer, <i>E.coli</i> , clorofila, UV-Vis 254 nm	
10ª Campanha - 05/07/2017	-	DBO _{5,20} , DQO, cor, turbidez, nitrato, Fe, <i>E. coli</i> , ST, NT, PT, clorofila, UV-Vis 254 nm	

DBO_{5,20}: Demanda Bioquímica de Oxigênio. DQO: Demanda Química de Oxigênio. OD: Oxigênio Dissolvido. SDT: Sólidos Dissolvidos Totais. 254 nm: absorvância ao comprimento de onda de 254 nm: Fe: Ferro PT: fósforo total: ST: sólidos Totais; CTer: coliformes termotolerantes; NT: nitrogênio total.

Fonte: Autoras (2020)

2.4 Precipitação

Para uma análise da influência da chuva nos parâmetros de qualidade da água do RES foram utilizados os índices pluviométricos de precipitação acumulada de cada mês de campanha - exceto nas segunda e décima campanhas, nas quais os dados são referentes ao mês anterior em que se realizou a amostragem - disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) da estação automática A518 localizada no campus da UFJF, nas coordenadas 21°46'08" Sul e 43°21'48" Oeste. Foi obtido também no INMET o padrão climatológico normal da cidade de Juiz de Fora de um período consecutivo de trinta anos (1961 – 1990).

2.5 Índice de Qualidade da Água (IQA)

Para análise das condições de qualidade da água dos trechos em questão, foi calculado o IQA de cada ponto através do *software* Qualigraf desenvolvido pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2017). Os resultados obtidos foram classificados segundo as faixas de classificação utilizadas pelo estado de Minas Gerais.

Devido às limitações laboratoriais e a impossibilidade de obtenção de todos os parâmetros do índice, o cálculo do IQA foi realizado da segunda a sexta campanhas e para a décima. Para o ponto 3, na mesma campanha, não foi possível obter o IQA devido a problemas relacionados à análise de DBO_{5,20}. Ressalta-se que o parâmetro sólidos totais (ST) foi obtido em laboratório apenas na oitava, nona e décima campanhas. Assim, para as demais campanhas, para obtenção do parâmetro sólidos suspensos totais (SST), utilizou-se a equação de correlação entre SST e turbidez obtida por Teixeira (2000). E, a partir da soma dos resultados de SDT e SST, foram obtidos os valores de ST. A equação de correlação desenvolvida pelo autor apresenta coeficiente de determinação satisfatório ($R^2=0,982$) e valor de intervalo de turbidez (turbidez > 100 UNT) adequado aos valores encontrados nas amostras. Destaca-se que, para a décima campanha, foi utilizado o valor de *E.coli* em substituição aos valores de CTer uma vez que estes ultrapassaram o limite de contabilização do método empregado.

2.6 Análise estatística

Para a análise dos parâmetros utilizaram-se os índices de correlação de Spearman e seus respectivos valores-p para avaliar a correlação entre os IQA de cada ponto e os índices pluviométricos através do *software* Minitab® 18, com um nível de significância de 95%. Para o estudo de biodegradabilidade, utilizou-se da relação DQO/DBO_{5,20}, de acordo com Von Sperling (2014) e suas respectivas faixas. Adicionalmente, realizou-se uma análise da diferença entre épocas secas e chuvosas dos parâmetros: DBO_{5,20}, coliformes termotolerantes, cor e turbidez no *software* RStudio v.1.2.1335 (R Core team, 2020).

2.7 Índice de Conformidade de Enquadramento (ICE)

O ICE foi calculado para verificar a conformidade dos valores dos parâmetros de qualidade obtidos em cada ponto em relação aos valores exigidos pela resolução n°357 (CONAMA, 2005) e COPAM/CERH n° 01 (MINAS GERAIS, 2008). O índice é calculado a partir de três fatores: abrangência do impacto causado pela desconformidade, frequência das desconformidades e a amplitude das mesmas, isto é, o desvio em relação à norma (CCME, 2001). Os parâmetros analisados e que possuem limite estabelecido na legislação foram: DBO_{5,20}, CTer, *E.coli*, PT, NT, turbidez, SDT, pH e OD. O nitrato e o Fe apesar de possuírem valores na norma não foram contabilizados, pois recomenda-se a realização de no mínimo quatro medições em períodos diferentes (CCME, 2001).

3 Resultados

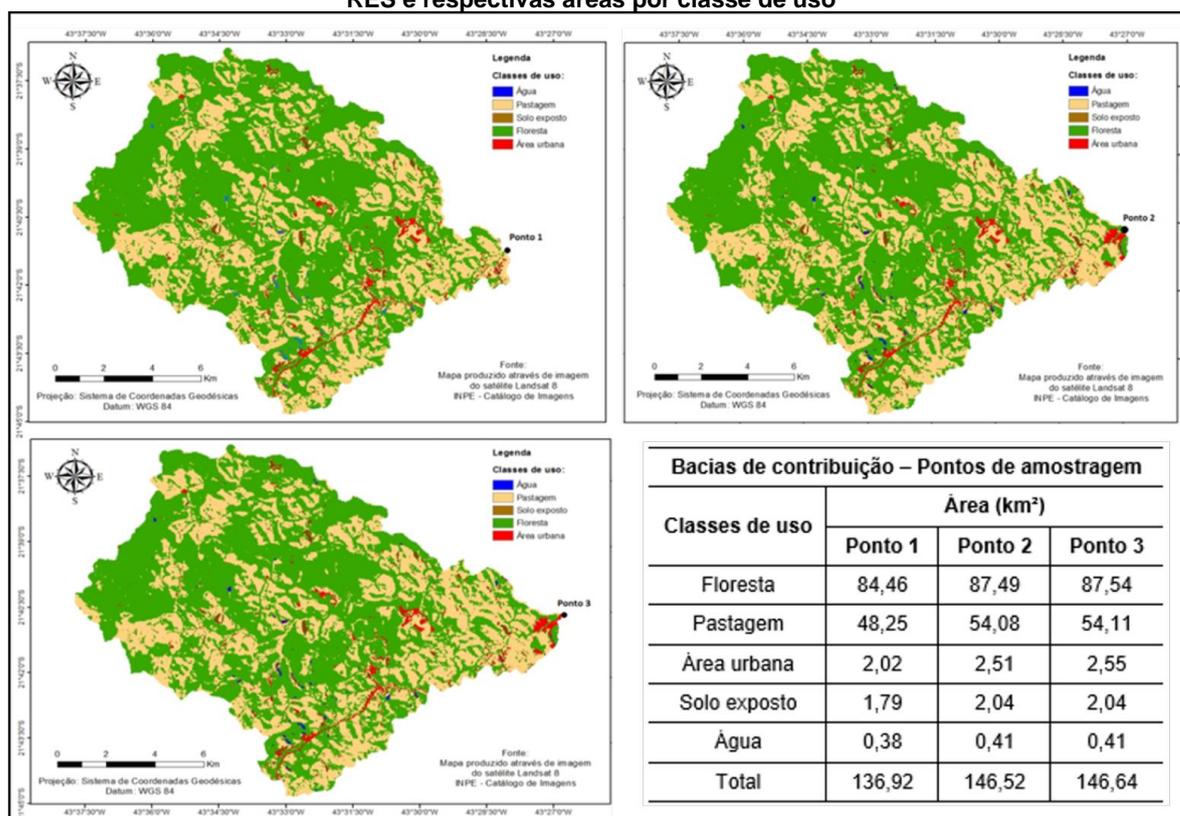
3.1 Uso e ocupação do solo

Na classificação de uso e ocupação do solo (Figura 3) realizada através da imagem LANDSAT foi obtido um índice kappa de 0,98, considerado muito bom na avaliação de Galparsoro e Fernández (2001). A área total estimada para a bacia hidrográfica foi de 151,52 km², muito próxima da encontrada na literatura de 151,49 km² (PINTO et al., 2014).

Verificou-se que 59,41% da área da bacia encontra-se coberta por florestas e 36,95% coberta por pastagens. De acordo com Pinto et al. (2014), 98,24% da bacia é coberta por pastagens, silvicultura e mata, sendo que 28,95% desse total são áreas de floresta. Acredita-se que a diferença encontrada na classificação da imagem de satélite entre os estudos, se deve ao fato de

que áreas de pasto com vegetação tenham sido também classificadas como floresta. No estudo de Barros et al. (2019), os autores evidenciaram a diferença entre floresta-pastagem e floresta-eucalipto. Fato esse que não foi evidenciado nesse estudo e que, portanto, indica uma porcentagem de floresta enviesada e que na verdade seria classificada como pastagem ou eucalipto.

Figura 3 - Uso e ocupação do solo das bacias de contribuição e pontos de amostragem localizados no RES e respectivas áreas por classe de uso



Legenda: Destaque para o exutório da bacia hidrográfica na parte tracejada.

Fonte: Autoras (2020)

Já a área urbana equivale a 2,0% do total, sendo essa porcentagem correspondente a 3,02 km² de área e está em maior concentração na região próxima ao exutório do ribeirão onde se localiza o distrito industrial e, uma menor quantidade de florestas e maior quantidade de áreas ocupadas por pastagens. Destaca-se que a área ocupada por solo exposto na bacia corresponde a 2,07 km² e isto pode estar relacionado tanto à atividade de silvicultura realizada devido ao corte do eucalipto quanto à degradação das áreas de pastagens que provocam a exposição do solo.

Por estarem localizados próximos uns aos outros e próximos ao exutório da bacia, os três pontos de amostragem apresentam

bacias de contribuição com valores de áreas totais semelhantes (Figura 3). Em relação à classe área urbana corresponde a 2,02 km², na bacia de contribuição do ponto 1 enquanto nos pontos 2 e 3, a área urbana corresponde a 2,51 km² e 2,55 km², respectivamente. Porém, a influência desse uso do solo se dá de maneira diferente no ponto 1 em relação aos pontos 2 e 3. A jusante do ponto 1, a área antropizada é composta por área residencial e regiões de pastagem. Já a jusante dos pontos 2 e 3, além de regiões residenciais, há a presença do distrito industrial, isto é, os pontos 2 e 3 tornam-se local de destinação dos efluentes domésticos e industriais e as águas do RES ficam sujeitas a poluição e degradação de sua qualidade.

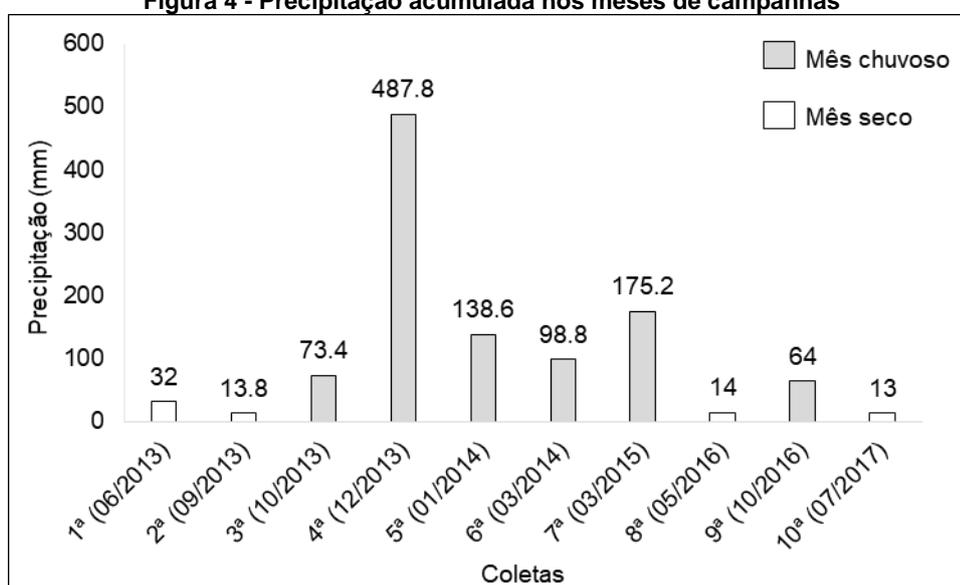
3.2 Precipitação

Através do gráfico da normal climatológica de Juiz de Fora (INMET, 2017), percebe-se que os meses de maio a setembro são os que representam a época de seca, ocorrendo em média 51,02 mm de chuva mensal. A média mensal de chuva no período chuvoso que ocorre entre os meses de outubro e abril é de 199,41 mm.

Percebe-se que os menores índices pluviométricos, durante as épocas das campanhas, ocorreram nos meses de junho e agosto de 2013, maio de 2016 e junho de

2017. Sendo o menor índice registrado em junho de 2017 com 13 mm de chuva acumulada no mês. Em contrapartida, os meses de maior precipitação foram outubro e dezembro de 2013, janeiro e março de 2014, março de 2015 e outubro de 2016, sendo o maior índice registrado em dezembro de 2013 com 487,8 mm (Figura 4). Dessa forma, comparando-se os dados de precipitação com o padrão climatológico da cidade, verifica-se que os meses destacados em branco na Figura 4 foram meses secos enquanto os demais foram meses chuvosos.

Figura 4 - Precipitação acumulada nos meses de campanhas



Fonte: INMET (2017)

3.3 Parâmetros de qualidade da água

Dentre os parâmetros que apresentam indicativo de poluição no corpo d'água destaca-se a DBO_{5,20} e a DQO. Verifica-se que nos três pontos (Figura 5) foram encontrados valores que ultrapassam os limites de DBO_{5,20} estabelecidos na resolução n° 357 (CONAMA, 2005) e DN COPAM n° 01 (MINAS GERAIS, 2008), sendo eles 3 mg.L⁻¹ para classe 1 (ponto 1) e 5 mg.L⁻¹ para classe 2 (pontos 2 e 3).

No ponto 1, 57% dos valores encontrados de DBO_{5,20} excederam o limite da norma. Observa-se que em épocas secas, 25% das amostras estão acima de 3,1 mg.L⁻¹ (Figura 5). Em épocas chuvosas, esse valor passa para 75% das amostras, chegando ao máximo de 11 mg.L⁻¹. O aumento da DBO_{5,20} com a pluviosidade também foi observado no estudo de Rocha e Costa (2015) para o manancial da represa São Pedro em Juiz de

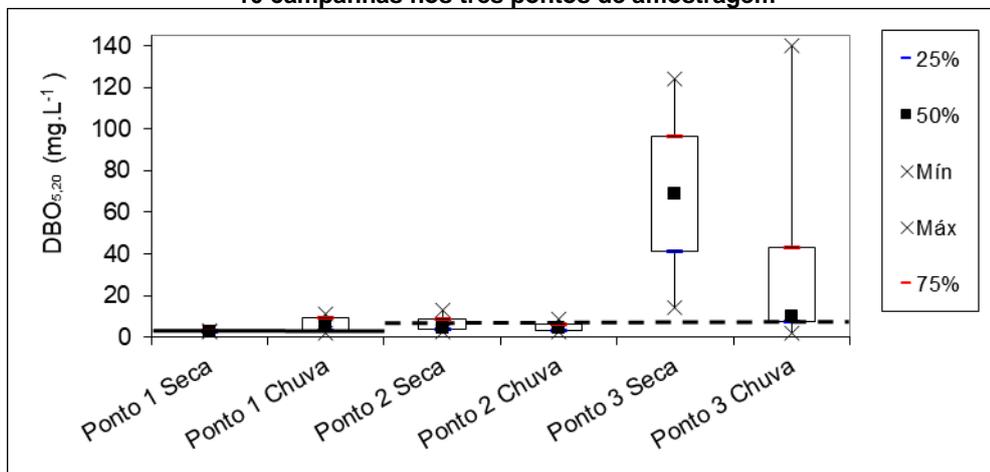
Fora- MG. Entretanto, a média das concentrações desse parâmetro não foi significativamente diferente na época seca e de chuva em nenhum dos três pontos analisados (Quadro 3; p > 0.05).

No ponto 2, 43% dos valores encontrados de DBO_{5,20} ultrapassaram o padrão da legislação (Figura 5). Em relação ao ponto 3, 83% das amostras extrapolaram o limite da norma (Figura 5) chegando a valores máximos de 124 mg.L⁻¹ (2ª coleta) e de 140 mg.L⁻¹ (6ª coleta). Destaca-se a diferença de concentração de DBO_{5,20} do ponto 3 comparada ao ponto 1 e 2 (Figura 5). Em relação ao parâmetro DQO, os maiores valores foram verificados no ponto 3, destacando-se os valores de 211 mg.L⁻¹, 183 mg.L⁻¹ e 201 mg.L⁻¹ na segunda, sexta e nona campanhas, respectivamente. Esses elevados valores de matéria orgânica, apesar de não resultarem na redução de OD a níveis abaixo da legislação, poderá impactar a

jusante, resultando no consumo de OD para degradar essa matéria orgânica, piorando

ainda mais a qualidade da água e a vida aquática.

Figura 5 - Gráfico *Boxplot* de $DBO_{5,20}$ na época seca e chuvosa no ribeirão Espírito Santo ao longo das 10 campanhas nos três pontos de amostragem



Traços inteiros (Classe 1) e pontilhados (Classe 2) representam os valores máximos permitidos estipulados pela resolução nº 357 (CONAMA, 2005). Número de dados em cada época = 7.

Fonte: Autoras (2020)

Quadro 3 - Valores de p para cada parâmetro nos pontos 1, 2 e 3 entre o período seco e o chuvoso

Parâmetros	Valor de p		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
$DBO_{5,20}$	0.4	1	0.533
Coliformes	0.049	1	0.372
Turbidez	1	0.54	0.905
Cor aparente	0.063	0.067	0.257

Fonte: Autoras (2020)

Também se observa nos pontos 2 e 3 uma mudança de comportamento se comparado ao ponto 1, pois os maiores valores de $DBO_{5,20}$ (ponto 2 e 3) ocorrem na seca e os menores na época de chuva devido a diluição e/ou composição dos efluentes industriais. O mesmo comportamento foi verificado em um estudo na microbacia do Córrego Banguelo em Contagem, onde ocorria lançamento de efluentes industriais, que reportou mais de 150 mg.L^{-1} de $DBO_{5,20}$ (PONTES; MARQUES; MARQUES, 2012). Visualmente foi possível verificar mudanças na coloração da água do RES ao longo das coletas, por vezes sendo esbranquiçada e outras esverdeada, variando em função do tipo e característica dos efluentes lançados, sendo que descargas localizadas, advindas da lavagem dos filtros da ETA também foram observadas por Assis et al. (2013). Louzada et al. (2014) realizaram um diagnóstico do potencial poluidor do RES e destacaram que esse ponto é o que possui a situação da qualidade da água mais crítica, indicando o distrito industrial como o principal causador dessa situação. Torres, Lemos e Júnior

(2016) também concluíram que a má qualidade da água é mais intensa devido ao lançamento de efluentes urbanos e industriais em Belo Horizonte.

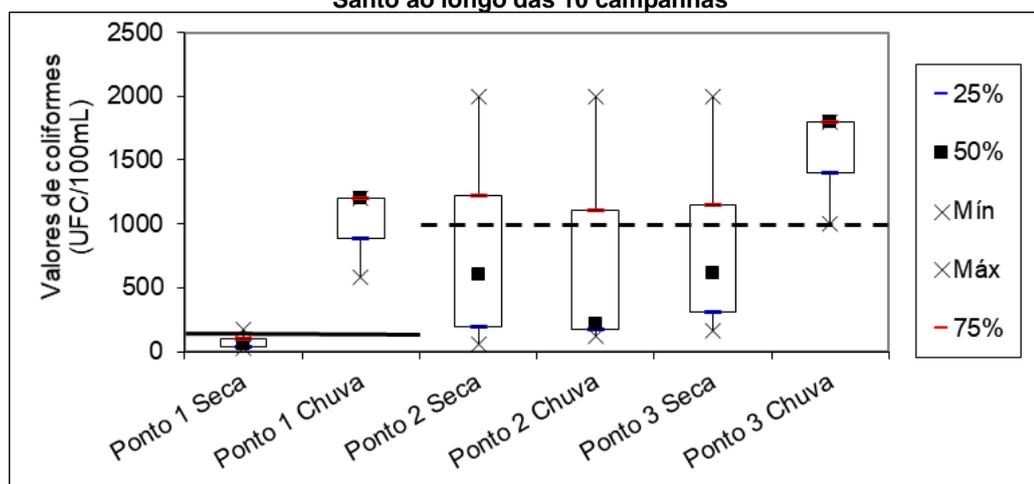
Em relação ao parâmetro CTer, tem-se como limites na resolução nº 274 (CONAMA, 2000), 200 CTer/100 mL para águas de classe 1 e 1000 CTer/100 mL para classe 2. Dessa forma, percebe-se que os três pontos tiveram leituras que excederam esses limites (Figura 6).

O ponto 1 possui uma grande discrepância de valores nas duas épocas do ano (Figura 6) resultando em valores estatisticamente diferentes entre as duas estações (Quadro 3). Em épocas secas os valores se encontram em conformidade com a legislação e em época chuvosa, as amostras estão em desconformidade com o padrão da norma em 37,5% das leituras. Para tal época, obtiveram-se 50% dos valores acima de 1200 CTer/100 mL, sendo o valor mínimo encontrado de 580 CTer/100 mL. Doi, Barbieri e Marques (2014) também constataram que altas médias pluviométricas, características do verão, aumentaram

consideravelmente a densidade de CTer na água de Cananéia (SP). O uso do solo pela atividade pecuária e pastagens pode contribuir para o aumento da concentração de CTer e de matéria orgânica na região (Figuras 2 e 3). Em estudo realizado por Freire e

Castro (2014) na bacia do rio Itapemirim - ES, foi encontrada uma correlação de 0,87 entre o Índice de Degradação da Água e o Índice de Atividade Humana do Solo (associado à exposição do solo e à pastagem).

Figura 6 - Gráfico *Boxplot* de coliformes termotolerantes na época seca e chuvosa no ribeirão Espírito Santo ao longo das 10 campanhas



Traços inteiros (Classe 1) e pontilhados (Classe 2) representam os valores máximos permitidos estipulados pela resolução nº 357 (CONAMA, 2005). Número de dados em cada época = 7

Fonte: Autoras (2020)

Observou-se também, que há a prática de recreação de contato primário neste trecho do RES (ponto 1), e de acordo com os valores encontrados de CTer no local e com base na resolução citada, esse trecho se encontra impróprio para a balneabilidade, resultando em riscos para os usuários. A jusante deste ponto está a captação de água de uma das ETA da cidade de Juiz de Fora, portanto a contaminação por material de origem fecal implica em riscos para a população, caso haja uma falha durante o tratamento da água.

No ponto 2, novamente observa-se menor interferência da pluviosidade na variação dos valores nas distintas épocas do ano (Figura 6; Quadro 3), resultando em 25% das amostras em desconformidade com a legislação, atingindo valores máximos de 2000 CTer/100 mL.

No ponto 3, observa-se variação dos gráficos nas distintas épocas do ano (Figura 6). Entretanto, acredita-se que tal variação não ocorra somente pela presença da chuva, mas também, pela característica dos efluentes industriais lançados, o que possivelmente justifica o ponto não ser estatisticamente distinto frente à precipitação (Quadro 3). Ressalta-se que aproximadamente 25% dos valores estão em

desconformidade com a legislação nas épocas secas, atingindo seu máximo em 2000 CTer/100 mL. Além disso, em épocas de chuva quase 100% das amostras estavam fora dos padrões, chegando a 1800 CTer/100 mL.

Os valores de turbidez apresentam maior variação em épocas chuvosas nos pontos 1 e 2, assim como o parâmetro cor aparente (Figura 7A e 7B), o que é possivelmente justificado pelo carreamento de sólidos em suspensão e dissolvidos provocados pela precipitação, que alteram a turbidez da água, modificando também a sua cor. A alteração da cor devido à chuva também foi observada por Rocha e Costa (2015) na represa de São Pedro, localizada no município de Juiz de Fora - MG. Porém não houve diferença estatisticamente significativa do valor médio da turbidez entre o período seco e de chuva em nenhum dos três pontos (Quadro 3).

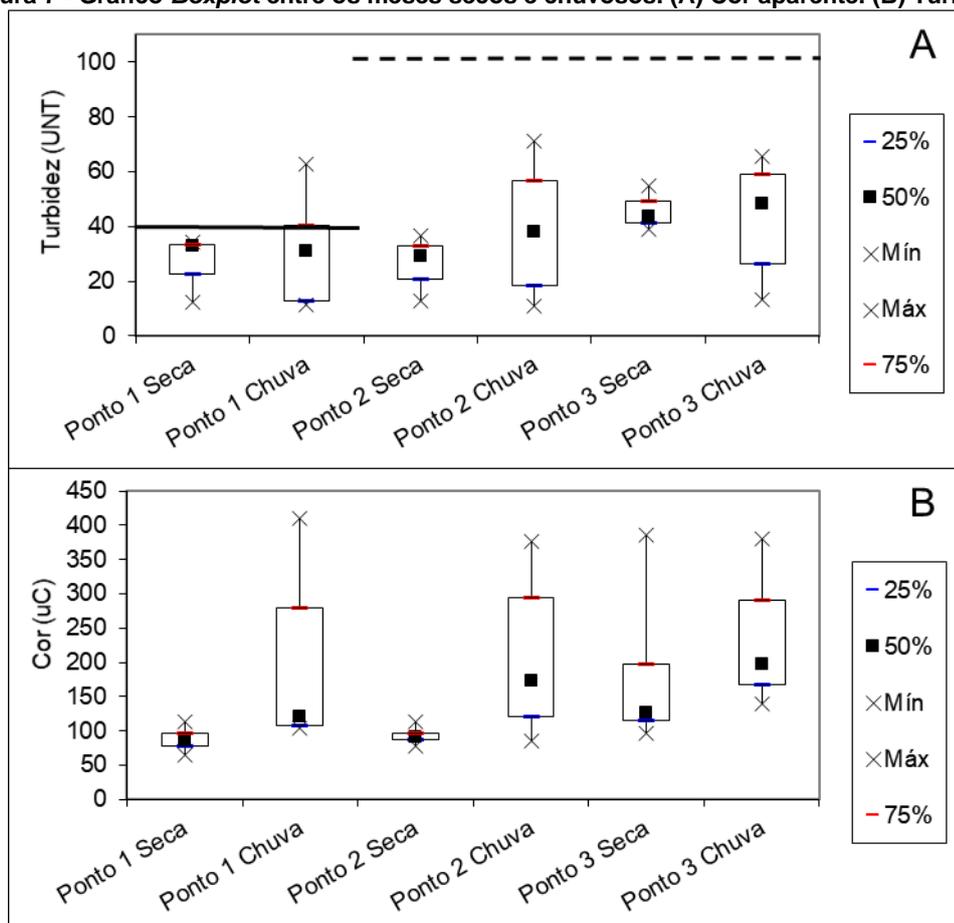
A turbidez do ponto 1, apenas no período chuvoso, apresentou 25% dos dados em desconformidade com a legislação e não houve dados acima da legislação nos pontos 2 e 3, devido à norma ser menos restritiva nesses locais (Figura 7A). A turbidez desconforme no ponto 1 apenas na época de chuva é devido provavelmente ao maior

carreamento de materiais e sólidos para o rio. No estudo de Cruz et al. (2019) também foi verificado um maior valor de turbidez em época chuvosa.

O parâmetro absorvância UV254 apresentou valores máximos na oitava campanha, no ponto 1 de $0,15 \text{ cm}^{-1}$, no ponto 2 de $0,18 \text{ cm}^{-1}$ e no terceiro ponto de $0,22 \text{ cm}^{-1}$. Segundo Metcalf e Eddy (2014), os valores típicos para esgotos são superiores a $0,50$

cm^{-1} , sendo assim, por se tratar de um ribeirão, os valores observados estão dentro do esperado em relação à contaminação por compostos orgânicos aromáticos. Porém, observa-se um aumento na absorvância no ponto 3, indicado assim um aumento da presença desses compostos no corpo d'água que podem estar relacionados aos lançamentos de efluentes realizados na região.

Figura 7 - Gráfico *Boxplot* entre os meses secos e chuvosos. (A) Cor aparente. (B) Turbidez



Linha cheia e pontilhada representam os valores máximos de turbidez permitidos pela resolução n° 357 (CONAMA, 2005), respectivamente a rios classe 1 e 2.

Fonte: Autoras (2020)

Os demais parâmetros de qualidade da água - SDT, salinidade, OD, pH e nitrato – apresentaram valores que atenderam aos limites estabelecidos em norma em todas as leituras. Em relação ao parâmetro SDT, no ponto 3 foram encontrados valores acima de 100 mg.L^{-1} em três campanhas, sendo que a média encontrada para esse ponto nas demais campanhas foi de 23 mg.L^{-1} . Ressalta-se também que a salinidade, tanto na seca quanto na chuva, foi visivelmente

maior no ponto 3 do que nos demais pontos de amostragem.

Os limites estabelecidos para o nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT) para águas de classe 1 e 2 na resolução n° 357 (CONAMA, 2005) e DN COPAM n° 01 (MINAS GERAIS, 2008) são de $2,18 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$, respectivamente. Para o NT, em todas as coletas, o parâmetro atendeu ao exigido. Para o PT, apenas no ponto 1 e no ponto 3 na décima campanha, foram encontrados valores de $0,1025 \text{ mg.L}^{-1}$ e de

0,14 mg.L⁻¹, respectivamente, não atendendo a legislação. O parâmetro clorofila, medido através da concentração de algas verdes e marrons (diatomáceas) e de algas azuis (cianobactérias), apresentou valores baixos em todos os pontos e campanhas em que foram medidos. Nos pontos 1 e 2, foi detectada apenas a presença de algas marrons. Já no ponto 3 foi detectada a presença de algas verdes, marrons e azuis, sendo o maior valor encontrado o de algas verdes com 0,87 µg.L⁻¹ na nona campanha. De acordo com Franceschini (2010), concentrações de algas inferiores a 5 µg.L⁻¹ indicam um ambiente de condições oligotróficas, em concordância com os baixos valores de PT encontrados. Portanto, os pontos não apresentam indicativo de eutrofização.

O parâmetro ferro extrapolou os valores limites da legislação em todas as coletas e isso pode estar relacionado ao tipo de solo da região (PINTO et al., 2014). O solo predominante da região é o latossolo vermelho-amarelo, caracterizado por ser rico em óxido de ferro e alumínio (EMBRAPA, 2018).

3.4 Índice de Qualidade da Água – IQA

Com base nos valores de IQA verifica-se que, no ponto 1, 50% dos valores de IQA foram classificados como bons; no ponto 2, 33% e no ponto 3, 0% (Figura 8). No ponto 1, o IQA atingiu valor máximo na segunda campanha com o valor de 80 e, mínimo na quarta campanha com o valor de 62. Os parâmetros que mais contribuíram para esse resultado foram o CTer (45 CTer/100 mL) e o NT (0.01 mg.L⁻¹). Destaca-se que, dentre os parâmetros que compõe o índice, os parâmetros CTer, DBO_{5,20} e turbidez contribuíram para a queda do IQA no ponto 1. Por exemplo, na quarta campanha em que o IQA atingiu menor valor, foi encontrada turbidez de 63 UNT, DBO_{5,20} de 2 mg.L⁻¹ e 1200 CTer/100 mL.

No ponto 2, o valor máximo de IQA encontrado foi de 79 na segunda campanha e o mínimo de 61 na quarta. Os parâmetros que mais contribuíram para a queda do índice nesse ponto foram o CTer (2000 CTer/100 mL) e a turbidez (71 UNT). Já no ponto 3, o maior valor de IQA encontrado foi de 69 na terceira coleta e os menores de 49 e 47 nas segunda e sexta coletas, respectivamente, justamente nas campanhas que

apresentaram as maiores concentrações de DBO_{5,20} de 124 mg.L⁻¹ e 140 mg.L⁻¹.

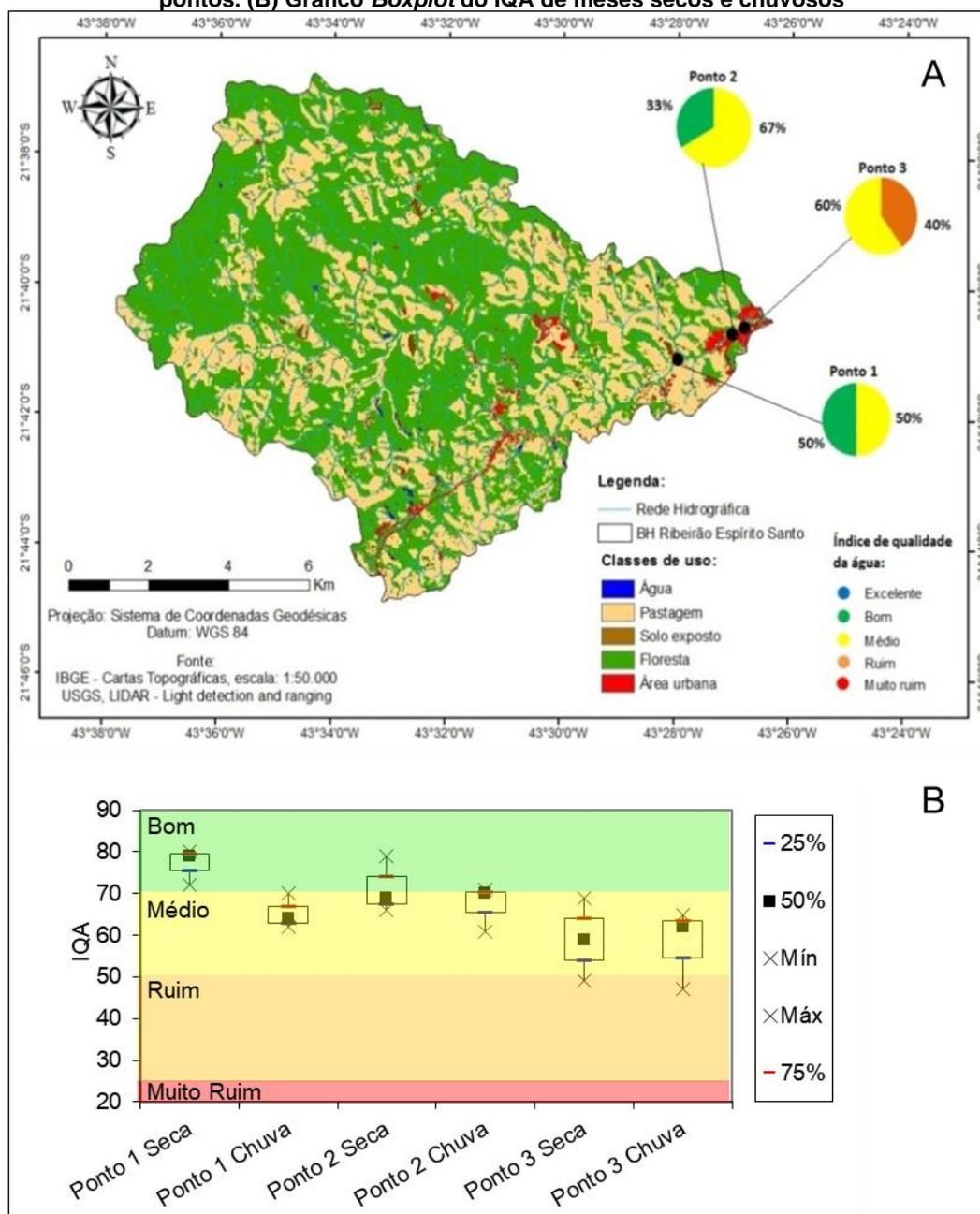
Verifica-se uma piora do IQA do ponto 1 para o ponto 2 e do ponto 2 para o ponto 3. Portanto, verifica-se que o ponto 3 encontra-se em estado de degradação da qualidade da água pior em relação aos demais pontos. A poluição nesse ponto está relacionada ao uso e ocupação do solo de sua bacia de contribuição, que possui a maior concentração urbana dentre as três analisadas apresentando aumento de 2,6% (entre o ponto 1 e 3 da área para ocupação urbana) (Figura 3). Apesar do pequeno aumento percentual da área urbana, a concentração das indústrias em tal área influencia o RES no ponto 3, devido ao lançamento de efluentes domésticos e industriais (LOUZADA et al., 2014; Figura 2). Isto é, através do IQA pode-se perceber a influência do uso e ocupação do solo da região no estado de preservação da qualidade da água do manancial.

Para o ponto 1, foi obtido um coeficiente de correlação de Spearman de -0,829 que indica que há uma relação de proporcionalidade inversa entre o IQA e os índices pluviométricos nesse trecho. Nas campanhas em que os índices de chuva foram menores, 13,8 mm, 73,4 mm e 13,0 mm, os valores de IQA foram de 80, 79 e 72 respectivamente. Já nos meses com índices de 487,8 mm, 136,8 mm e 98,8 mm os valores de IQA foram respectivamente 62, 64 e 70, ou seja, menores (Figura 8B). O valor-p obtido para essa correlação foi de 0,042 e, portanto, evidencia que a correlação entre as variáveis nesse ponto é estatisticamente significativa. Ressalta-se que o menor IQA foi encontrado no mês de maior índice pluviométrico (dezembro). CTer foi o único parâmetro que possuiu diferença significativa entre seca e chuva (Quadro 3) e isso pode ser explicado pelo uso do solo na região do ponto 1 pela agropecuária. Em épocas de chuva há maior carregamento de sólidos para o corpo d'água e, conseqüentemente, carregamento de material de origem fecal, assim refletindo na piora do índice. Concomitante a esses resultados, alguns estudos também mostraram que material de origem fecal de animais podem contribuir para a contaminação da água em uma região e que isso se intensifica com o aumento das chuvas (KATSUÓKA, 2001; FERREIRA et al., 2017). Destaca-se que a poluição neste ponto é devida principalmente à poluição difusa advinda do tipo de uso e ocupação do solo da região. Fato esse também destacado na

média da relação biodegradável encontrada a partir de cada coleta. Evidenciou-se que uma das maiores médias da relação DQO/DBO entre os pontos foi aquela obtida pelo ponto 1 de 3,13. Tal valor, de acordo com Von Sperling (2014), não considera a fração biodegradável alta, mas fornece indicativo de contaminação por algum elemento biológico, como as fezes de animais. As fezes de bovino

apresentam alto teor de fibras, devido a seu tipo de alimentação, reduzindo a biodegradabilidade do efluente final (GUERI et al., 2015). Tal relação biodegradável também gera consequência nos menores índices de qualidade da água para o ponto 1, obtidos em época chuvosa e com valores de CTer significativamente altos (Figura 6).

Figura 8 - (A) Uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica e classificação do IQA para os três pontos. (B) Gráfico *Boxplot* do IQA de meses secos e chuvosos



Fonte: Autoras (2020)

Para o ponto 2, foi encontrado também, no mês de maior índice

pluviométrico, o menor valor de IQA, sendo este de 61 (Figura 8B). Porém, o coeficiente

de correlação de Spearman para esse trecho foi de -0,257 e o valor-p obtido foi de 0,623, acima do nível de significância, indicando então que não há associação significativa entre os índices de qualidade da água e a precipitação nesse ponto. Destaca-se que nas duas campanhas com os valores mais baixos de precipitação foram encontrados valores de IQA classificados como bom na primeira e regular na última coleta. Isto é, a variação do IQA nesse ponto pode estar relacionada com a variação dos parâmetros de qualidade de água de CTer e DBO_{5,20}. Na terceira, quarta e décima campanhas, em que os índices aparecem como regulares, foram encontrados elevados valores de CTer, 2000, 2000 e 960 CTer/100 mL respectivamente. Na quinta campanha, encontrou-se uma DBO_{5,20} de 9 mg.L⁻¹. Isto é, a queda do índice pode ter sido uma consequência do aumento de matéria orgânica no ponto 2. Apesar de se ter um aumento de uso devido a agropecuária, no ponto 2 em relação ao ponto 1, de 1,7%, o percentual de aumento do uso da área urbana foi maior, de 2,4%, fazendo com que a relação entre a precipitação e qualidade da água não fosse mantida. Em locais onde a precipitação influencia a qualidade da água é nítido que o aumento de aporte de efluentes sanitários influencia nessa relação.

No ponto 3, os valores do IQA não apresentam boa correlação com os índices pluviométricos, o coeficiente encontrado foi de 0,100 e o valor-p foi de 0,873. Observa-se que os menores valores de IQA no ponto 3 (49 e 47), foram encontrados nas duas campanhas em que foram medidos os maiores valores de DBO_{5,20}. Nesse ponto a variação dos parâmetros utilizados para o cálculo do IQA está relacionada ao lançamento de efluentes domésticos e industriais aos quais o corpo d'água está sujeito e que não são proporcionais aos índices pluviométricos medidos na região, porque não possuem uma sazonalidade. O percentual de aumento de uso e ocupação do solo entre o ponto 2 e 3 para a área urbana foi ínfimo, de 0,2%, acompanhado de uma queda da área ocupada por agropecuária de 0,1%. Contudo, mesmo com esse pequeno aumento, esse é o trecho em que se encontra o distrito industrial da cidade, com um local perceptível de lançamento de vários efluentes, inclusive com mudança do aspecto do mesmo ao longo do dia e das coletas observado visualmente (Figura 2). Vale destacar ainda, que a média da fração biodegradável no ponto 3 foi a menor (2,88) se comparada aos demais pontos

evidenciando a possibilidade dos despejos causados por fontes industriais não-biodegradáveis serem mais significativos do que pelas fontes sanitárias.

3.5 Índice de Conformidade de Enquadramento – ICE

Verifica-se que os pontos 1 e 3 se apresentam em situação ruim, sendo os valores do ICE de 63 e 54 respectivamente. Já o ponto 2 encontra-se em situação regular, com ICE de 70. Dentre os parâmetros utilizados para o cálculo do ICE, no ponto 1, quatro parâmetros não atenderam ao exigido pela legislação, sendo eles CTer, DBO_{5,20}, PT e turbidez. Destaca-se que no ponto 1 o parâmetro ferro dissolvido também ultrapassou o limite nas três campanhas em que foi medido. Porém, para o cálculo do ICE no ponto 1 o ferro não foi utilizado, devido à sua medição em apenas três campanhas, quantidade inferior ao recomendado para o cálculo do ICE. No ponto 2, foram três os parâmetros que ultrapassaram o exigido, CTer, DBO_{5,20} e ferro dissolvido. No ponto 3, além desses, também excedeu a norma o parâmetro PT.

Comparando-se os valores de abrangência, amplitude e frequência encontrados, percebe-se que no ponto 3 os três foram maiores e por isso o ICE do ponto 3 foi o de menor valor. Em contrapartida, no ponto 2, apesar de ter os menores valores de abrangência e frequência, foi encontrado um valor de amplitude superior ao do ponto 1.

Nos pontos 1 e 3, os parâmetros que contribuíram de forma significativa para a queda do ICE foram a DBO_{5,20}, que apresentou valores desconformes em quatro campanhas no ponto 1 e em cinco campanhas no ponto 3, e o parâmetro CTer que nos dois pontos esteve desconforme em três campanhas (Figura 6). Porém, no ponto 3, os valores de DBO_{5,20} encontrados apresentaram valores mais distantes em relação ao limite estabelecido para a classe de uso do corpo d'água, como 124 mg.L⁻¹ e 140 mg.L⁻¹. Dessa forma, contribuindo para um maior valor de amplitude e menor valor de ICE.

A desconformidade elevada encontrada nos pontos 1 e 3 pode estar relacionada ao uso do solo de suas bacias de contribuição, conforme já discutido. Também ocorre que no ponto 1, devido ao fato de o RES estar enquadrado como classe 1, os valores são mais restritivos se comparados

com o de classe 2 (pontos 2 e 3), o que faz com que se tenha a ideia de que o ponto 1 está em uma situação pior do que o ponto 2. De fato, ao se lançar o olhar sob o ponto de vista da legislação (classes distintas) o ponto 1 está em pior conformidade com a norma, no entanto, no quesito qualidade da água e comparando os dois pontos, o ponto 1 possui parâmetros de qualidade da água melhores do que o ponto 2 e inclusive uma porcentagem do valor de IQA bem maior que o ponto 2. Portanto, deve-se ter cautela na interpretação dos dados do ICE, para que não ocorra uma interpretação errônea sobre a qualidade das águas de trechos que possuem distintas classificações. Desta forma, quando ocorrer tal circunstância é necessário indicar que o enquadramento do rio mudou naquele trecho.

4 Conclusões

A análise do uso e ocupação do solo mostrou que a bacia hidrográfica possui maior área de floresta, seguida de pastagem e área urbanizada. Há a possibilidade de a área de pastagem ser ainda maior, devido às áreas de pasto com vegetação poderem ter sido classificadas como floresta. Os parâmetros DBO_{5,20}, CTer, Ferro, Turbidez e fósforo não estão em conformidade com a legislação. Para DBO_{5,20} 57%, 43% e 83% dos valores estão acima do limite da norma no ponto 1, 2 e 3, respectivamente. CTer teve 50%, 40% e 60% dos valores em desacordo com a norma no ponto 1, 2 e 3, respectivamente, sendo que o ponto 1 foi o único que apresentou diferença

significativa de coliformes termotolerantes entre o período de seca e chuva dentre os parâmetros analisados.

Com relação ao IQA, 67, 50 e 60% das coletas estiveram com IQA classificado como médio, nos pontos 1, 2 e 3 respectivamente, sendo o ponto 3 o único que foi classificado como ruim em 40% das coletas. O ponto 1 foi o único em que o IQA apresentou correlação estatística com a precipitação, não apresentando tal relação nos pontos 2 e 3. O ICE para o ponto 1, ponto 2 e ponto 3 foi de 63, 70 e 54, respectivamente. Apesar de o ponto 1 estar em maior desconformidade que o ponto 2, ele apresenta qualidade melhor. Esse fato ocorre devido ao enquadramento distinto dos dois pontos. Desta forma, verifica-se a necessidade de avaliar os índices, IQA e ICE, e o enquadramento de forma conjunta para compreender a situação de cada local.

Todos os parâmetros e índices analisados demonstram uma poluição crescente do ponto 1 para o ponto 2, sendo o ponto 3 o de maior degradação e poluição do corpo d'água. Tal fato ocorre devido à precipitação no ponto 1 e ao tipo de uso e ocupação do solo nos três pontos, sendo a poluição do ponto 1 advinda principalmente da atividade agropastoril e as do ponto 2 e 3 devido ao lançamento de efluentes, com destaque para o ponto 3 no qual observa-se grandes alterações na qualidade da água devido ao lançamento de efluentes industriais. Recomenda-se, portanto, que sejam realizadas ações na bacia do RES para melhorar a qualidade da água.

5 Influence of Precipitation and Land Use and Occupation on the Espírito Santo River Watershed – Juiz De Fora/MG

Abstract: *The aim of this work was to evaluate precipitation and land use and occupation of the basin's influence on the water quality of the Espírito Santo stream (ESS). Water quality parameters measured in ten sampling campaigns at three points in the stream were analyzed. The water quality index and the compliance index of each point were calculated. Statistical analysis was carried out to verify the influence of the rainy and dry period as well as the use and occupation of the soil on water quality. In the less urbanized area, with predominant agricultural activities, there is a greater influence of precipitation in the variation of some parameters and, in the more urbanized areas, precipitation presents less importance in relation to the effluents discharge. It is noteworthy that the RES has points whose water quality is degraded, and the point that has the worst quality and greatest non-conformity of framing is the one that is closest to the industrial district*

Keywords: Water quality index; Compliance index; Pollution.

6 Referências

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9898**. Preservação e técnicas de amostragem de efluentes e corpos hídricos receptores. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

APHA. AWWA. WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22^{ed}. Washington: APHA 2012.

ASSIS, L. R.; OLIVEIRA, C. M. R.; GOMES, M. H. R.; PEREIRA, R. O.; SOARES, H. P. Avaliação do Impacto gerado nos corpos d'água devido ao lançamento de lodos provenientes de uma Estação de Tratamento de Água. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27, 2013, Goiânia.

BARROS, F. M., MARTELLO, F., PERES, C. A., PIZO, M. A., & RIBEIRO, M. C. Matrix type and landscape attributes modulate avian taxonomic and functional spillover across habitat boundaries in the Brazilian Atlantic Forest. *Oikos*, 2019.

CCME - Canadian Council of Ministers of the Environment. 2001. **Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0**. User's Manual. *In*: Canadian environmental quality guidelines. Winnipeg 1999.

CHE R., LIN S., FAN Z.Y., et al. Efeitos das chuvas extremas contínuas na qualidade da água da bacia do rio Dongjiang. *Huan Jing ke Xue = Huanjing Kexue*. 40 (10), p. 4440-4449, 2019.

CONAMA. **Resolução CONAMA nº 274** de 29 novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Brasília 2001.

CONAMA. **Resolução CONAMA nº 357** de 17 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. 23p. Brasília 2005.

COULLIETTE, A. D., & NOBLE, R. T. Impacts of rainfall on the water quality of the Newport River Estuary (Eastern North Carolina, USA). *Journal of Water and Health*, 6(4), p. 473–482, 2008.

CESAMA. Companhia de Saneamento Municipal. Mananciais: Ribeirão Espírito Santo. Juiz de Fora. Disponível em: <http://www.cesama.com.br/?pagina=resanto>. Acesso em: 30 abr. 2019.

CRUZ M. A. S., GONÇALVES A. A., ARAGÃO R., AMORIM J. R. A., MOTA P.V. M., SRINIVASAN V. S., GARCIA C. A. B., FIGUEIREDO E. E. Spatial and seasonal variability of the water quality characteristics of a river in Northeast Brazil. *Environmental Earth Sciences*. p. 68-78, 2019.

DOI S. A., BARBIERI E., MARQUES H. L. A. Densidade colimétrica das áreas de extrativismo de ostras em relação aos fatores ambientais em Cananeia (SP). *RESA: Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.19, n.2, p. 165-171, abr/jun 2014.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Agência de Informação Embrapa. 2018.

FERREIRA, F. S., QUEIROZ, T. M., SILVA, T. V. & ANDRADE, A. C. O. À margem do rio e da sociedade: a qualidade da água em uma comunidade quilombola no estado de Mato Grosso. *Saúde e Sociedade*, 26(3), p. 822–828, 2017.

FINKLER N. R., BORTOLIN T. A., COCCONI J., MENDES L. A., SCHNEID V. E. Avaliação espaço-temporal da qualidade da água utilizando técnicas estatísticas multivariadas. *Ciência e Natura*, v.38, n.2, p. 577-587, mai/ago 2016.

FRANCESCHINI, I. M.; BURLIGA, A. L., REVIERS, B., PRADO, J. F., RÉZIG, S. H. **Algas – Uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica**. Porto Alegre, RS. Artmed, 2010, 1^a Ed., 332 p.

FREIRE. A. P., CASTRO. C. E. Análise da Correlação do uso e Ocupação do Solo e da Qualidade da Água. *RBRH: revista brasileira de recursos hídricos*, v. 19, n. 1, p. 41-49, jan/mar, 2014.

FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Qualigraf. 2018.

GALPARSORO, L. U., FERNÁNDEZ, S. P. **Medidas de concordância: el índice Kappa**, 2001.

GANIYU S. A., BADMUS S. A., OLURIN O. T., OJEKUNLE Z. O. Evaluation of seasonal variation of water quality using multivariate statistical analysis and irrigation parameter indices in Ajakanga area, Ibadan, Nigeria. *Applied Water Science*, v. 8, n. 35, p.1-15, 2018.

GUERI M. V. D., SCHIRMER W. N., BURATTO W. G., RIBEIRO C. B. Sustentabilidade rural: o uso do biogás como alternativa energética para os produtores de leite. *Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental*, v. 4, n. esp, p. 288-301, dez 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php>. Acesso em: 3 maio 2016.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Estações Automáticas. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?>

r=estacoes/estacoesAutomaticas. Acesso em: 26 jun. 2017

KATSUÓKA L. **Avaliação da atividade agropecuária na qualidade da água em áreas de captação superficial nas bacias hidrográficas dos rios Mogi-Guaçu e Pardo, São Paulo.** Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

KOZAK, C., FERNANDES, C.V.S., BRAGA, S.M. et al. Dinâmica da qualidade da água durante episódios de chuva: abordagem integrada para avaliar a poluição difusa usando amostragem automática. *Environ Monit Avaliar*, 191, 402, p. 1-13, 2019.

LOUZADA, V. M.; SANTOS, J. M. B.; PEREIRA, R. O.; PEREIRA, L. O. DIAGNÓSTICO DO POTENCIAL POLUIDOR DAS INDÚSTRIAS INSTALADAS NA CIDADE DE JUIZ DE FORA. In: XII Simpósio Italo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2014, Natal.

MELLO, K. DE; TANIWAKI, R. H., PAULA, F. R. DE, VALENTE, R. A., RANDHIR, T. O., MACEDO, D. R., LEAL C. G., RODRIGUES C. B., HUGHES, R. M. Multiscale land use impacts on water quality: Assessment, planning, and future perspectives in Brazil. *Journal of Environmental Management*, 270, 2020.

METCALF & EDDY, Inc. **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse.** McGraw-Hill International Editions, Nova York, 2014, 5ª edição.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Minas Gerais 2008.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 16, de 24 de setembro de 1996. Dispõe sobre o enquadramento das águas estaduais da bacia do rio Paraíba. Minas Gerais 1996.

PINTO V. G., LIMA R. N. S., RIBEIRO C. B. M., MACHADO P. J. O. Diagnóstico físico-ambiental como subsídio a identificação de áreas vulneráveis à erosão na bacia hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo, Juiz de Fora (MG), Brasil. *Rev. Ambient. Água*, v. 9, n. 4, Oct. /Dec 2014.

PONTES P. P., MARQUES A. R., MARQUES G. F. Efeito do uso e ocupação do solo na qualidade da água na microbacia do Córrego Banguelo – Contagem. *Rev. Ambient. Água*, v. 7, n. 3, p.183-194, dez. 2012.

Prefeitura Municipal de Juiz de Fora - Plano de saneamento básico de Juiz de Fora Parte 2 –

Diagnóstico da situação do saneamento básico e de seus impactos nas condições de vida da população, julho de 2013. Disponível em: http://www.planodesaneamento.pjf.mg.gov.br/pdf/romo_i_diagnostico_geral.pdf. Acesso em: 6 ago. 2020.

ROCHA, C.H.B., COSTA, H.F. Variação temporal de parâmetros limnológicos em manancial de abastecimento em Juiz de Fora, MG. *RBRH*. v. 20, n.2, p. 543-550 abr/jun 2015.

SANTY, S., MUJUMDAR, P. & BALA, G. **Potenciais Impactos das Mudanças Climáticas e do Uso da Terra na Qualidade da Água do Rio Ganga ao redor da Região Industrializada de Kanpur.** *Scientific Reports*. 10, 9107, 2020.

SILVA I. R., ALVES A. G. M., RIBEIRO C. B. M., PEREIRA R. O., GOMES M. H. R. Influência do uso e ocupação do solo na qualidade das águas da bacia do ribeirão Espírito Santo, Juiz de Fora – MG. III Simpósio de Recursos Hídricos do Rio Paraíba do Sul, Juiz de Fora, MG, 2018.

SILVA, D. P. PITALUGA, D. P. S., SCALIZE, P. S., & SANTOS, H. O. Seasonal evaluation of surface water quality at the Tamanduá stream watershed (Aparecida de Goiânia, Goiás, Brazil) using the Water Quality Index. *Open Engineering*, 9(1), p. 90–98, 2019.

SILVA C. P., VARGAS R. R., ARRUDA R. O. M., ROSINI E. F. Efeitos do uso e ocupação da terra na qualidade da água da sub-bacia hidrográfica Cabosol, Guarulhos/SP. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*. 10 (6), p. 1-8, 2019.

SOARES, R., MACHADO, W. T. V., CAMPOS, D. V. B., MONTEIRO M. I. C., FREIRE, A. S., SANTELLI, R. E. Avaliação da Aplicabilidade de Índices de Poluição Aquática: Estudo de Caso no Rio Paraíba (Juiz de Fora, MG, Brasil). *Rev. Virtual Quim*, v. 8, n. 6, p. 2105-2122, 2016.

SOMURA, H., YUWONO, S. B., ISMONO, H., ARIFIN, B., FITRIANI, F., & KADA, R. Relationship between water quality variations and land use in the Batutegei Dam Watershed, Sekampung, Indonesia. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, n. 1, p. 93-101, 2018.

TEIXEIRA E. C. Avaliação de correlação entre turbidez e concentração de sólidos suspensos em bacias hidrográficas com uso e ocupação diferenciada. In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Alegre, RS, 2000.

TORRES I. C., LEMOS R. S., JUNIOR A. P. M. Influence of the Rio Taquaraçu in the water quality of the Rio das Velhas: subsidies for reflections of the case of water shortage in Belo Horizonte metropolitan region – MG. *RBRH*, v. 21, n.2, p. 429, abr./jun. 2016.

TURATTI, L., MAZZARINO J. M. Water governance: assumptions to assign a new meaning to it. **Ciência e Natura**, v. 40, e. 10, p. 1-7, 2018.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. v. 1, e. 4, p. 92, Belo Horizonte, 2014.

YADAV, S., BABEL, MS, SHRESTHA, S., DEB P. Impacto do uso da terra na qualidade da água de um grande rio tropical: Mun River Basin, Tailândia. **Environ Monit Assess**, 191, 614, 2019.

7 Agradecimentos

À Universidade Federal de Juiz de Fora- UFJF, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG. Ao Batalhão de Bombeiros Militar – JF.