



Periódico da Universidade Vale do Rio

Verde

ISSN: 2526-690X

v. 5 | n. 1 | 2021

**Italoema Pinheiro Bello**

Mestre em Recursos Hídricos  
Universidade Federal do Lavras  
italoemapb@hotmail.com  
ORCID 0000-0001-6891-240X

**Gabriela Rezende de Souza**

Doutorando em Recursos Hídricos  
Universidade Federal de Lavras  
gabriela.souza2@estudante.ufla.br  
ORCID 0000-0001-5915-7529

**Matheus Coutinho Freitas de Oliveira**

Mestrando em Engenharia Florestal  
Universidade Federal de Lavras  
mcoutinhofo@gmail.com  
ORCID 0000-0003-0611-9128

**João Paulo Cunha de Menezes**

Doutor em Recursos Hídricos  
Universidade de Brasília  
jpaulo\_bio@hotmail.com  
ORCID 0000-0002-2566-3957

**Luiz Fernando Coutinho de Oliveira**

Doutor em Engenharia Agrícola  
Universidade Federal de Lavras  
coutinho@ufla.br  
ORCID 0000-0001-5260-3258

## QUALIDADE DE ÁGUA E DE ESTADO TRÓFICO DO RIBEIRÃO VERMELHO EM LAVRAS, MG

**Resumo:** A demanda por fontes hídricas de boa qualidade tem aumentado nas últimas décadas em razão do crescimento desordenado da população, portanto o monitoramento da qualidade das águas passa a ser um forte aliado da gestão dos recursos hídricos. Nesse sentido, objetivou-se com esse trabalho a análise da qualidade das águas do Ribeirão Vermelho e seus tributários em duas estações distintas, verão e inverno. Para tal, foram coletadas amostras de água em 15 pontos, sendo 9 no canal principal e 6 nos principais tributários para a determinação do oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, cloretos, coliformes termotolerantes, pH, nitrato, fósforo total e fosfato, turbidez e sólidos totais. A qualidade das águas foi analisada pelos indicadores IQA e IET e seus resultados permitiram a elaboração de mapas com a identificação do nível de qualidade e trofia dos trechos que compõem a rede de drenagem do Ribeirão Vermelho. A qualidade das águas do Ribeirão Vermelho ao percorrer o município de Lavras possui uma relação direta das ações antrópicas, evidenciando uma queda nos indicadores em função do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica e das descargas pontuais.

**Palavras-chave:** poluição hídrica. recursos hídricos. IQA. IET.

## WATER QUALITY AND TRAFFIC STATE OF RIBEIRÃO VERMELHO IN LAVRAS, MG

**Abstract:** The demand for good quality water sources has increased in recent decades due to the disorderly growth of the population, so the monitoring of water quality becomes a strong ally in the management of water resources. In this sense, the objective of this work was to analyze the water quality of Ribeirão Vermelho and its tributaries in two different seasons, summer and winter. Water samples were collected at 15 points, 9 in the main channel and 6 in the main tributaries for the determination of dissolved Oxygen, biochemical oxygen demand Chlorides, thermotolerant coliforms, pH, Nitrate, Phosphorus and Phosphate, turbidity and total solids. Using the IQA and IET, water quality was analyzed and the results of these indicators allowed the elaboration of maps with the identification of the quality level and trophy of the Ribeirão Vermelho drainage network. It was found that the water quality of Ribeirão Vermelho has a direct relationship to anthropic actions, showing a drop in indicators due to the use and occupation of the watershed and the punctual discharges.

**Keywords:** water pollution. water resources. IQA IET.

---

Recebido em: 09/04/2021 - Aprovado em: 14/06/2021 - Disponibilizado em: 31/07/2021

---

## INTRODUÇÃO

A interferência do homem no meio ambiente e a utilização inadequada das terras vêm gerando, ao longo do tempo, a insustentabilidade dos recursos naturais (OLIVEIRA et al., 2013). O atual modelo de uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas traz diversas implicações, uma vez que os processos relacionados à ocupação da terra são bastante acentuados e ocorrem de forma desordenada e intensa nas grandes e médias cidades (PEREIRA; BISSANI, 2017, RIBEIRO et al., 2020, QUINELATO et al. 2020, VILLABONA-GONZÁLEZ et al., 2020). Somando a esse desenvolvimento desordenado, a qualidade das águas é fortemente influenciada pelo regime hídrico, atuando no transporte de materiais superficiais no período chuvoso; bem como o aumento das concentrações de poluentes advindos dos despejos, pelo fato da redução do volume de água escoado no período de estiagem (LEMOS et al., 2010; SANTI, et al., 2012; CUNHA et al., 2013).

A ação antrópica associada ao regime hídrico tem gerado grande preocupação com a quantidade e a qualidade das águas nos corpos hídricos disponíveis para o consumo humano, o que torna imprescindível à aplicação de ferramentas de gestões integradas,

visando à manutenção e conservação da qualidade dos mananciais dos recursos hídricos (FIA et al., 2015; OLIVEIRA; SILVA; TAVARES, 2020, SANTOS et al., 2020).

Segundo Pinto et al. (2009) as variedades de poluentes lançados nos corpos d'água podem ser agrupadas em duas grandes classes, ou seja, a pontual e a difusa. As fontes pontuais de poluição são caracterizadas por uma descarga concentrada, em um ponto bem definido, enquanto que a difusa ocorre ao longo dos cursos d'água, sendo que os ambientes considerados mais importantes são o rural (atividades de agricultura e pecuária) e o urbano (atividades residenciais, comerciais e industriais)

Na gestão dos recursos hídricos, faz-se necessário o monitoramento da quantidade e da qualidade das águas dos mananciais por parte de órgãos ambientais. O monitoramento da qualidade das águas que compõem a rede de drenagem de uma bacia hidrográfica, deve ser contraposto com o uso e a ocupação do solo, da disposição final ambientalmente inadequada de resíduos sólidos e lançamento de efluentes, que são evidências diretamente associadas à urbanização e ao crescimento populacional, sendo os principais responsáveis pela degradação de corpos

hídricos (ALVES et al., 2012; WENGRAT; BICUDO, 2011; BUZELLI; CUNHA-SANTINO, 2013).

No entanto, o monitoramento da qualidade dos corpos d'água por longos períodos e em vários pontos amostrais gera um banco de dados extenso e complexo. Essa complexidade dificulta a análise, a interpretação dos dados e a extração de informações úteis para a gestão adequada da água (RABELO; BISCAÍNO NETO; FREIRE, 2020). Desta maneira, os índices que permitem a avaliação da qualidade das águas que empregam atributos físico-químicos e biológicos, representam uma importante ferramenta no monitoramento da qualidade dos corpos hídricos, com os limites de seus parâmetros estabelecidos em legislação específica (RIBEIRO; BEGA; CARVALHO, 2020). Dentre esses índices, estão o Índice de Qualidade de Água (IQA) e o Índice de Estado Trófico (IET) (BUSS et al., 2003; LAMPARELLI, 2004; IGAM, 2005).

O IQA foi desenvolvido pela National Sanitation Foundation (TYAGI et al., 2013; AKKOYUNLU; AKINER, 2012) e para ser aplicado no Brasil passou por adaptações feita por órgãos ambientais, tais como no estado de Minas Gerais (IGAM, 2005) e no estado de São Paulo (CETESB, 2014), se tornando o principal índice de monitoramento da

qualidade dos ambientes aquáticos, auxiliando no estudo da degradação de bacias hidrográficas (FERREIRA et al., 2015).

O IQA é um índice simples que utiliza um grupo de parâmetros que reduzem grandes quantidades de informações a um único número, na maioria das vezes sem dimensão. Esse método fornece dados importantes que descrevem o status geral da qualidade da água de determinado corpo hídrico, o que pode auxiliar na escolha da técnica de tratamento do mesmo frente a uma possível contaminação (EWAID et al., 2017).

O Índice de Estado Trófico representa um indicador importante dos ambientes aquáticos, por refletir a influência antropogênica na qualidade da água, permitindo na análise da água quanto à presença elevada de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, e seu efeito, que ocasiona crescimento excessivo das algas ou infestação de macrófitas aquáticas (FIA et al., 2009; BRITO et al., 2011; CUNHA et al., 2013; BUCCI; OLIVEIRA, 2014; TITO, LUNA, 2020). Segundo a CETESB (2014) e IGAM (2005) o IET avalia a qualidade da. Para rios o cálculo do IET é feito levando em consideração valores de fósforo total, clorofila a e transparência (LAMPARELLI, 2004).

Diante dos problemas hídricos enfrentados atualmente e das preocupações com a qualidade da água, o objetivo deste presente trabalho foi avaliar a qualidade da água do Ribeirão Vermelho nos períodos do verão e inverno, na elaboração de mapas com a identificação da qualidade das águas nos trechos amostrados ao longo do Ribeirão Vermelho.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada na Mesorregião Sul do estado de Minas Gerais, entre as coordenadas geográficas 21°11' a 21°16' de latitude Sul e 44°57' a 45°03' de longitude Oeste, pertencente à bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho, Lavras, MG. A nascente do Ribeirão Vermelho, bem como seus principais afluentes, encontra-se na zona urbana da cidade de Lavras que, pela estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística para o ano de 2017 a população é de 104.783 habitantes (IBGE, 2021)<sup>1</sup>. Após percorrer 15 km, o Ribeirão Vermelho deságua no Rio Grande, um dos principais formadores da bacia hidrográfica do Paraná.

Na área urbana da cidade de Lavras, o Ribeirão Vermelho vem

enfrentando um forte processo de urbanização, o que tem promovido uma alteração em seu regime hídrico e na qualidade de suas águas. Segundo Menezes et al. (2014) a área urbanizada na bacia do Ribeirão Vermelho sofreu uma expansão de 21,4% entre os anos de 2003 e 2013. As influências do município ao ribeirão são o deságue de grande parte da rede de drenagem urbana da cidade de Lavras, do despejo de efluentes das estações de tratamento de esgoto da cidade de Lavras e da Universidade Federal de Lavras; laticínio, abatedouro de suínos, além de despejos clandestinos no seu leito e afluentes e da poluição difusa na área rural de sua bacia hidrográfica.

Para a análise da qualidade da água do Ribeirão Vermelho, foram coletadas amostras de água em dois períodos distintos (verão e inverno) em 15 pontos, sendo 9 no canal principal (P1 a P9) e 6 nos principais tributários (T1 a T6) conforme apresentado na Figura 1. Os pontos P1, T1 e T2, representam as principais nascentes do Ribeirão Vermelho, os pontos P2 a P7 e T3 a T5 estão localizados dentro do perímetro urbano da cidade de Lavras, sobre forte impacto antropogênico, e os pontos P8, P9 e T6 estão localizados na zona rural do município. No período do inverno, não foi realizada coleta no ponto P5, pois o

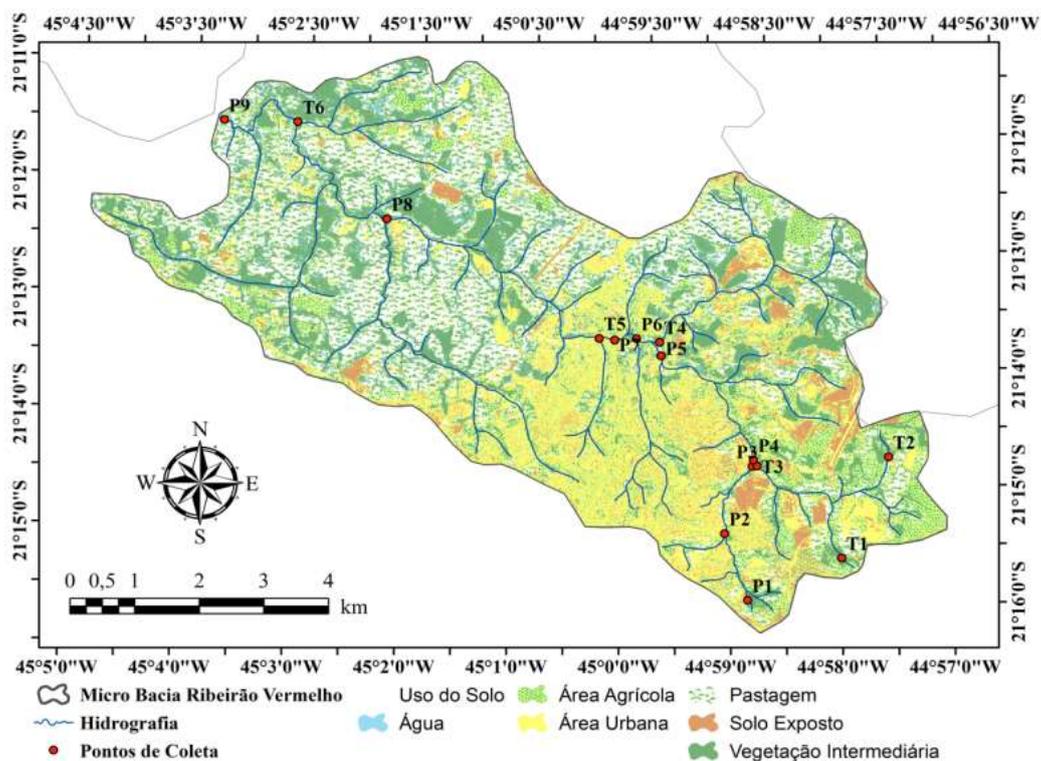
---

<sup>1</sup> <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/lavras/panorama>

referido trecho estava passando por adequações em sua seção transversal e revestimento com estruturas de gabião, causando modificações de suas características hidráulicas. Os pontos de amostragem foram escolhidos de acordo com o posicionamento dos tributários do

córrego e da distribuição das possíveis fontes de poluição. Nesses pontos foram coletadas amostras em 5 períodos diferentes entre os meses de Fevereiro e Outubro (21/02, 02/05, 09/07, 12/09, 17/10) de 2014, representando duas épocas amostrais (verão e inverno).

**Figura 1.** Localização dos pontos de amostragem e distribuição ocupação do solo na bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.



A amostragem da água foi realizada manualmente, utilizando-se para tal, recipientes plásticos com volume de 1,0 L, sendo as coletas feitas próximo à superfície do curso d'água, devido a pequena profundidade dos mananciais que compõem a rede de drenagem do Ribeirão Vermelho e, sempre no sentido contracorrente. Após a coleta, as amostras

de água foram acondicionadas em caixas térmicas e posteriormente encaminhadas ao Laboratório de Qualidade de Água do Departamento de Engenharia Ambiental da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA) para a determinação das características físicas, químicas e biológicas.

As características físicas, químicas e biológicas avaliadas foram: Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), Cloretos (Cl), coliformes termotolerantes (CT), pH, Nitrato (N), Fósforo total (PT) e Fosfato (PO<sub>4</sub>), turbidez (T) e sólidos totais (ST), cujas determinações foram realizadas seguindo os procedimentos preconizados pelo *Standard of Methods* (BAIRD; EATON; RICE, 2017). Durante as amostragens, fizeram-se também as medições de temperatura da água com o auxílio de um termômetro de infravermelho digital e da vazão, utilizando o método hidrométrico. Para tal, foi realizado o levantamento batimétrico da seção transversal do canal e a velocidade média do escoamento da água medida com um molinete hidráulico. Na definição dos pontos de medição da velocidade de escoamento na seção transversal e na determinação da velocidade média, empregou-se o método detalhado (DNAEE, 1977). A vazão foi determinada pela equação da continuidade, ou seja, pelo produto da seção transversal do canal multiplicada pela velocidade média de escoamento.

A qualidade das águas do Ribeirão Vermelho foi avaliada empregando os índices de qualidade de água (IQA) proposto pelo IGAM (2005) e de estado trófico (IET) pelo modelo matemático modificado proposto por Lamparelli

(2004) para ambientes lóticos (Equações 1 e 2).

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{W_i} \quad (1)$$

$$IET = 10 \left[ 6 - \left( \frac{0,42 - 0,36 \ln(P)}{\ln 2} \right) \right] - 20 \quad (2)$$

em que: IQA = Índice de Qualidade de Água; W<sub>i</sub> = peso relativo do i-ésimo atributo; q<sub>i</sub> = valor do subíndice relativo ao i-ésimo atributo; IET = Índice de Estado Trófico e P = concentração de fósforo total (µg.L<sup>-1</sup>).

Os pesos relativos aos atributos empregados no cálculo do IQA estão apresentados na Tabela 1 e, os indicadores interpretativos da qualidade da água e o estado trófico das águas estão apresentados na Tabela 2 (IGAM, 2005, LAMPARELLI, 2004, LIMA et al., 2015). Com base nos valores dos índices IQA e IET obtidos, cada trecho do Ribeirão Vermelho foi identificado em mapa com as respectivas cores relativas ao nível de qualidade e de trofia apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 1** - Atributos e seus respectivos pesos utilizados para cálculo do IQA

Atributo	W <sub>i</sub>
OD	0,17
CT	0,15
pH	0,12
DBO	0,10
N	0,10
PO <sub>4</sub>	0,10
T	0,08
ST	0,08

Temperatura	0,10
-------------	------

Fonte: (IGAM, 2005)

**Tabela 2** - Níveis de Qualidade e as respectivas faixas de IQA e IET

Nível de Qualidade	Faixa
Excelente	(90 < IQA < 100)
Bom	(70 < IQA < 90)
Médio	(50 < IQA < 70)
Ruim	(25 < IQA < 50)
Muito Ruim	(25 < IQA < 0)
Nível Trófico	Faixa
Ultraoligotrófico	(IET ≤ 47)
Oligotrófico	(47 < IET ≤ 52)
Mesotrófico	(52 < IET ≤ 59)
Eutrófico	(59 < IET ≤ 63)
Supereutrófico	(63 < IET ≤ 67)
Hipereutrófico	(IET > 67)

Fonte: IGAM (2005) e Lamparelli (2004).

Para a verificação da variação do índice de qualidade de água para os pontos amostrais, foram determinados os valores máximos, mínimos e a mediana dos resultados obtidos dos índices, os quais foram utilizados na elaboração dos gráficos boxplot. Para tal, foram determinados também os valores relativos ao primeiro quartil ( $Q_1$ ) o qual 25% dos valores se encontram abaixo do mesmo; ao segundo quartil é representado pela mediana, em que deixa 50% dos valores abaixo do mesmo e; ao terceiro quartil ( $Q_3$ ) que deixa 75% dos valores abaixo do mesmo. A posição dos quartis permite avaliar o nível de assimetria e a distribuição dos dados ao redor da mediana e, a verificação de valores que

fogem da normalidade podendo causar anomalias nos resultados (outliers). Desta forma, o objetivo do gráfico boxplot foi o de fornecer informações sobre a variabilidade dos dados amostrados e indicar a presença de valores atípicos, que podem influenciar o cálculo de medidas, como a média aritmética. Posteriormente, foram calculados os valores médios dos indicadores de qualidade para cada ponto amostrado, permitindo a elaboração dos mapas de classificação da qualidade das águas nos diferentes trechos do ribeirão para os períodos de verão e para o inverno.

Com os resultados dos índices IQA e IET, foi possível inferir qual a melhor classificação da qualidade da água presente nos pontos de coleta ao longo do Ribeirão Vermelho e explicitar quais os possíveis motivos para as alterações desta qualidade no manancial.

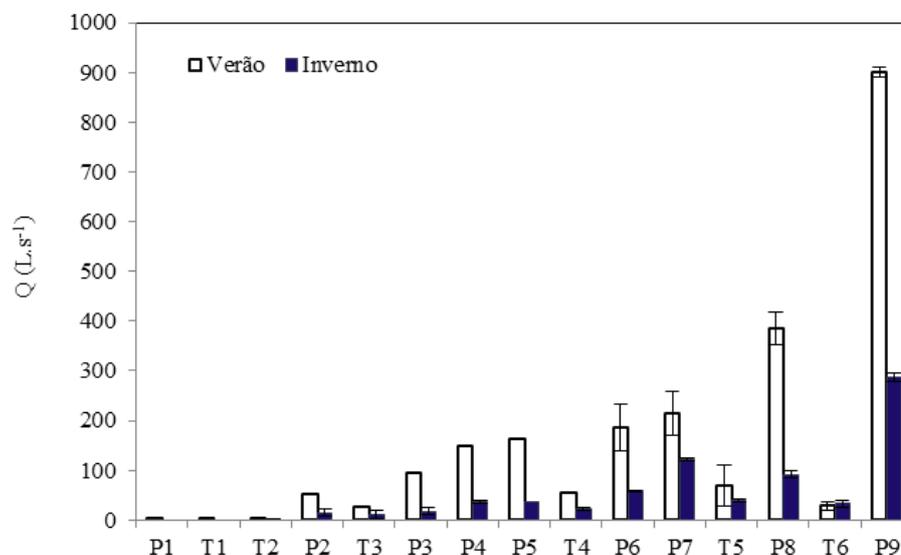
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em função do regime pluviais diferenciado nos períodos de amostragem (verão e inverno) e da localização pontos amostrais ao longo do percurso do Ribeirão Vermelho, pode-se verificar uma grande flutuação nos valores das vazões (Figura 2). As menores vazões foram

verificadas nas nascentes (P1, T1, T2) e nos tributários por serem cursos d'água com menor dimensão e volume de água no seu leito, com valores variando de 1,0 a 38,68 L.s<sup>-1</sup> no período de inverno. As vazões sofrem aumento após a

confluência com os tributários e obviamente no ponto final, mais próximo à foz do ribeirão, que recebe toda a contribuição da bacia, sendo no inverno a vazão afluyente de 287,25 L.s<sup>-1</sup> e no verão de 899,63 L.s<sup>-1</sup>.

**Figura 2.** Valores médios de vazão e desvio padrão máximos e mínimos obtidos ao longo dos pontos no Ribeirão Vermelho (P) e seus tributários (T) para o verão e inverno



Para todos os pontos amostrais, o comportamento dos resultados de IQA foi semelhante nas duas estações, verão e inverno (Figura 3), porém verifica-se que há diferença na faixa dos resultados encontrados e conseqüentemente na classificação das águas entre os pontos amostrais. Os valores de IQA sofreu uma variação entre de 9 a 84 no período do verão e de 6 a 66 no inverno, sendo que houve grande variabilidade para os pontos T1 e P4 no verão e T5 no inverno, devido às variações nas leituras para os

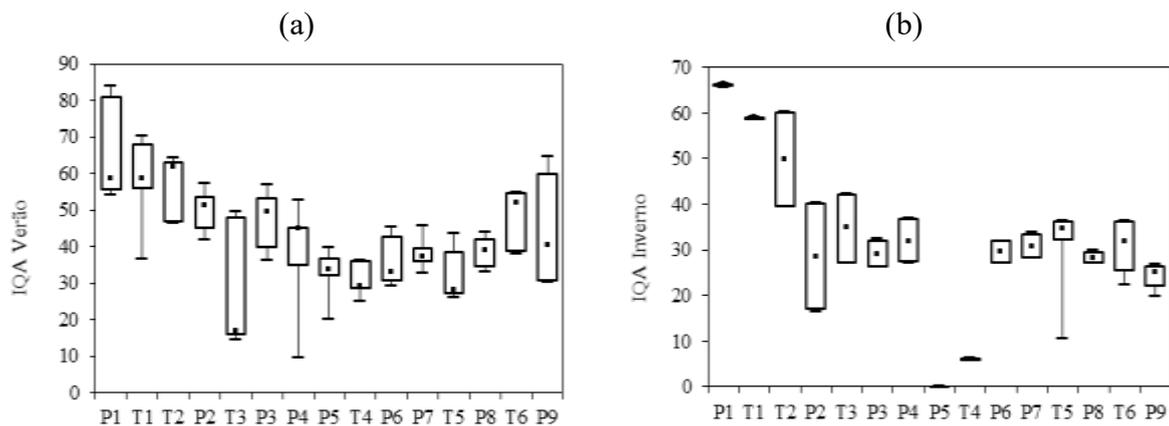
parâmetros ambientais utilizados para o cálculo do índice proporcionadas pela diluição dos poluentes proporcionado pela flutuação da vazão.

O IQA determinado nos dois períodos analisados (verão e inverno) apresentou maiores valores nos pontos amostrais P1, T1 e T2, que estão associados à cabeceira da bacia hidrográfica, onde se localizam as nascentes. Entretanto, por se tratar de nascentes, os valores encontrados estão abaixo do esperado podendo ser

considerados relativamente baixos para o local, por terem a qualidade da água classificada como médio. Para a mesma bacia hidrográfica, Fia et al. (2015) encontraram valores menores de IQA, mostrando uma ligeira melhora da qualidade da água ao longo do tempo. Zanini et al. (2010) em seu estudo na bacia do Córrego Rico em São Paulo, também obtiveram resultados com a

melhor classificação de IQA para a região da nascente, um local ainda preservado. Por outro lado, os menores valores foram encontrados nos pontos T3, T4, P4 e T5 em ambas as estações (verão e inverno) e P5 no período do verão, porque não houve coleta neste ponto durante o inverno devido às adequações que estavam sendo feitas em sua seção transversal, além do P2 no inverno.

**Figura 3.** Boxplot com valores medianos, máximos e mínimos do IQA obtidos ao longo dos pontos no Ribeirão Vermelho (P) e seus tributários (T) para o (a) verão e (b) inverno



Os baixos valores e a consequente classificação do IQA de médio a ruim nos pontos amostrais do Ribeirão Vermelho podem ser explicados pelo fato de estarem localizados na porção urbana da cidade de Lavras, como justificam Carvalho et al. (2004) afirmando que o IQA é reflexo da interferência da urbanização e lançamento de esgotos sanitários e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos. Em seu estudo os autores também encontraram

uma classificação ruim para o Ribeirão Ubá que percorre a cidade de Ubá, MG. Também foi verificado por Souza e Souza (2015) no estudo em Poços de Caldas, MG, que o Ribeirão dos Poços apresentou qualidade ruim devido à influência urbana no corpo hídrico. Para os demais pontos amostrais do Ribeirão Vermelho e seus tributários, em ambas as estações, a classificação das águas foi de qualidade média a muito ruim em direção à foz.

Como pode ser observada na Figura 1, a bacia do Ribeirão Vermelho tem predomínio de uso e ocupação do solo com área urbana e pastagens, que influenciam diretamente na qualidade das águas do manancial e no resultado do IQA, devido ao lançamento de efluentes domésticos. De maneira geral, foram encontrados maiores valores de IQA e conseqüentemente melhor qualidade da água para o verão, quando comparados ao inverno, que pode ser explicado pela maior vazão, como mostra a Figura 4, e conseqüente diluição dos poluentes no rio, como foi observado por Zanini (2010) e Souza e Souza (2015) em seus estudos, que tiveram diferença nos resultados para o IQA no período de estiagem e chuvoso. Pinto et al. (2009) também observaram diferenças entre as estações do ano, e nas precipitações pluviárias mais frequentes a partir do mês de outubro degradaram a qualidade da água do curso de água avaliado, porém a alteração pode ter sido causada pelo escoamento superficial direto como agente de transporte de material orgânico e inorgânico para dentro do curso de água. Entretanto, nas duas estações avaliadas, verificou-se também que após a passagem do Ribeirão Vermelho pela porção urbana do município de Lavras, houve um comportamento de depuração na qualidade das águas, fato também

verificado por Nilsson e Renöfält (2008). Contudo não é alcançado um nível aceitável para preservação das espécies e/ou utilização para consumo humano, fato este que também já havia sido observado por Fia et al. (2015) na mesma bacia hidrográfica.

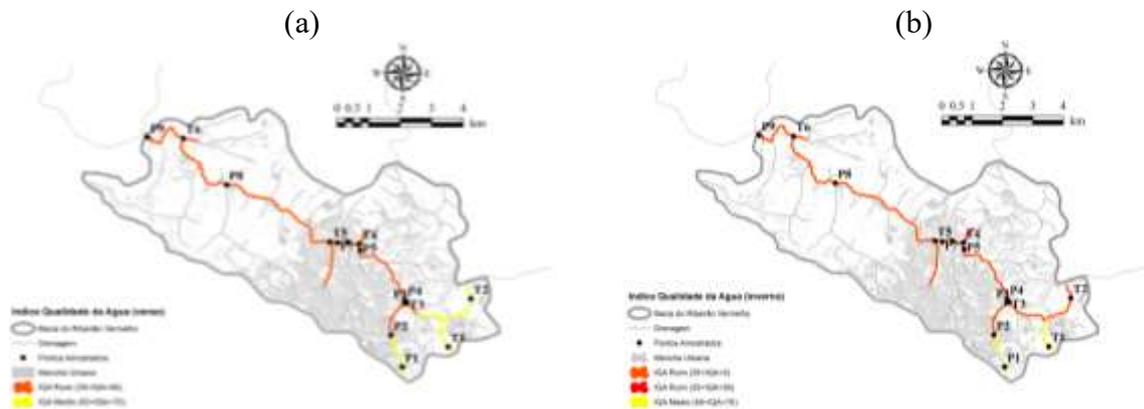
Os resultados da classificação para os valores médios de IQA estão indicados na Figura 4 para os dois períodos avaliados, enquadrando a classificação das águas no período do verão como médio na cabeceira da bacia (pontos P1, T1 e T2) e ruim para o restante dos pontos até a foz. Já para o inverno, a classificação foi também média para a cabeceira, porém apenas para os pontos P1, T1, T4 e P9 foram classificados como muito ruim e o restante dos pontos foram enquadrados na classificação média. O fato do ponto T4 apresentar classificação muito ruim pode ser explicado por haver uma fonte de poluição pontual a montante do local (estação de tratamento de esgoto e abatedouro de suínos), como também foi observado por Zanini et al. (2010) em seu estudo no córrego Rico, em que os resultados apresentaram valores alterados causados por poluições pontuais em determinados pontos.

O ponto amostral P9 apresentou uma diferença no valor da vazão do ribeirão no verão e no inverno, que pode ser observado na Figura 4, e esta pode ser

a explicação para a classificação de muito ruim no ponto, visto que a concentração

dos poluentes no inverno está bem superior à concentração no verão.

**Figura 4.** Mapas temáticos do IQA e classificação dos trechos do Ribeirão Vermelho (P) e tributários (T) para os períodos do (a) verão e (b) inverno



Com relação ao índice de estado trófico, no período do verão o IET apresentou valores relativamente baixos em todos os pontos, sendo encontrados inclusive valores iguais a zero para as nascentes (P1, T1 e T2), desta forma

foram classificados como ultraoligotróficos ( $IET \leq 47$ ). Os pontos que ultrapassaram este limite foram os pontos T4, P6 e T6, sendo classificados respectivamente como eutrófico, mesotrófico e supereutrófico (Figura 5).

**Figura 5.** Mapas temáticos do IET e classificação dos trechos do Ribeirão Vermelho (P) e tributários (T) para os períodos do (a) verão e (b) inverno



Para o período do inverno apenas as nascentes (P1, T1 e T2) tiveram um valor de IET menor em relação aos demais pontos, mas ainda pode ser considerado um valor alto para a região visto que é uma área que apresenta considerável preservação e presença de matas ciliares ainda preservadas, como foi observado por Fia et al. (2015). Os demais pontos apresentaram um nível de trofia praticamente constante com valores bem próximos, sendo classificados como hipereutrófico (IET > 67) indicando alto nível de eutrofização nos trechos do Ribeirão Vermelho. Estudando a mesma bacia hidrográfica, Fia et al. (2015) também encontraram uma classificação de suas águas de oligotrófico a eutrófico, da nascente a foz do Ribeirão Vermelho. Desta forma pode-se dizer que com o tempo houve melhora na área da nascente, pois o valor de IET reduziu e melhorou a classificação (de oligotrófico para ultraoligotrófico). Porém ao longo do rio alguns trechos sofreram piora quanto ao nível de trofia, pois no presente estudo ocorreu a classificação de supereutrófico para o ponto T6. No estudo de Rosa (2012) no rio Paraíba do Sul as classificações foram: para a nascente oligotrófico e para o rio em direção à foz eutrófico.

Os valores de IET baixos para o verão podem ser reflexo da diluição da concentração de fósforo na água devido a maior vazão no período, conforme pode ser observado na Figura 2. Tal comportamento também foi observado no estudo feito por Zanini et al. (2010) que encontraram um grau de trofia melhor para o verão (ultraoligotrófico), quando comparado inverno (mesotrófico), e concluiu que o aumento da vazão ocasionado pelas chuvas reduziu a concentração de fósforo total no Córrego Rico. Resultados semelhantes foram verificados por Batista e Cabral (2016) ao avaliarem a qualidade da água do Ribeirão Paraíso no município de Jataí, GO, que o regime pluvial contribuiu nos resultados da qualidade das águas, sendo que a baixa precipitação diminui o processo de diluição dos nutrientes na água e muita precipitação proporciona maior transporte de sedimentos alterando a qualidade das águas.

Os valores altos de IET para os trechos do Ribeirão Vermelho podem ser causados pela forma de uso e ocupação do solo na bacia (Figura 1) e pelas cargas poluidoras de origem domésticas. Trata-se de uma área extremamente urbanizada que apresenta lançamentos clandestinos de esgotos e tem a presença da estação de

tratamento de esgoto e de um abatedouro de suínos localizados a montante do ponto P8 no rio, que contribuem significativamente para o aumento de concentração de fósforo total no meio aquático. Da mesma maneira, Bucci e Oliveira (2014) encontraram um nível de trofia “mesotrófico” para a represa Dr. João Penido em Juiz de Fora, MG e concluíram que as formas de uso e ocupação do solo produziram impactos negativos no ecossistema aquático, alterando sua qualidade. Rosa (2012) também verificou que a degradação da qualidade da água e do nível de trofia foram influenciados pela urbanização.

O IET e o conseqüente nível de trofia do manancial foram afetados pela concentração de fósforo da bacia do Ribeirão Vermelho, e verifica-se que a maioria dos valores médios do nutriente apresentados na Tabela 3 estão em desacordo com o valor admitido na

legislação CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) para fósforo total em ambientes lóticos de classe 2, que é de 0,1 mg.L<sup>-1</sup>.

Tal fato também foi observado por Bucci e Oliveira (2014) que verificaram que nos pontos amostrados no seu estudo, a maior porcentagem de resultados para concentração de fósforo estava em desacordo com a legislação e ocasionou o processo de eutrofização na represa Dr. João Penido em Juiz de Fora. Barreto et al. (2014) também encontraram uma concentração média de fósforo total no rio Catolé (1,17 mg.L<sup>-1</sup>) acima do limite estabelecido pela legislação. É importante destacar que a avaliação do IET para o Ribeirão Vermelho baseou-se apenas nas concentrações de fósforo total e que para se ter um diagnóstico mais completo dos níveis de trofia do corpo d’água seria necessário considerar também a concentração de clorofila a (LAMPARELLI, 2004).

**Tabela 3.** Valores médios de concentração de fósforo total (mg.L<sup>-1</sup>) para os períodos de verão e inverno ao longo dos pontos no Ribeirão Vermelho (P) e seus tributários (T)

Pontos	P1	T1	T2	P2	T3	P3	P4	P5	T4	P6	P7	T5	P8	T6	P9
Verão	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,06	0,32	0,08	0,08	0,82	0,08	0,42	0,54
Inverno	0,03	0,01	0,01	1,25	1,82	1,89	1,61	-	1,64	1,95	1,72	1,63	1,57	1,42	2,39

## CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos neste trabalho, verificou-se que há uma redução da qualidade da água ao longo do Ribeirão

Vermelho ao percorrer o município de Lavras, evidenciando uma relação direta da urbanização no manancial e, que os indicadores de qualidade são influenciados pela sazonalidade das vazões ao longo do

ano. Portanto, fazem-se necessárias melhorias no sistema de esgotamento sanitário, a fim de extinguir lançamentos clandestinos, além também de melhorar o

manejo de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica para melhorar a qualidade da água no Ribeirão Vermelho e seus tributários.

## REFERÊNCIAS

AKKOYUNLU, A.; AKINER, M.E. Pollution evaluation in streams using water quality indices: A case study from Turkey's Sapanca Lake Basin. **Ecological Indicators**, v.18, n.1, p.501-44 511, 2012.

ALVES, I.C.C.; EL-ROBRINI, M.; SANTOS, M.L.S.; MONTEIRO, S.M.; BARBOSA, L.P.F.; GUIMARÃES, J.T. Surface water's quality and trophic status assessment in the Arari River (Marajo Island, Northern Brazil). **Acta Amazônica**, v.42, n.1, p.115-124, 2012.

BAIRD, R.B.; EATON, A.D.; RICE, E.W. **Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater**. LMC – Pharmabooks: Washington, 2017, 1054P.

BARRETO, L.V.; FRAGA, M.S.; BARROS, F.M.; ROCHA, F.A.; AMORIM, J.S.; BONOMO, P.; SILVA, D. P. Relação entre vazão e qualidade da água em uma seção de rio. **Revista Ambiente & Água**, v.9, n.1, p.118-129, 2014 .

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução 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: Diário Oficial da União, n.53, p.58-63, 18/03/2005.

BATISTA, D.F.; CABRAL, J.B.P. Determinação do índice de qualidade da água do Ribeirão Paraíso no município de Jataí/Goiás. **Revista Sapiência: Sociedade, Saberes e Práticas Educacionais**, v.5, n.1, p.292-312, 2016.

BRITO, S.L.; MAIA-BARBOSA, P.M.; PINTO-COELHO, R.M. Zooplankton as an indicator of trophic conditions in two large reservoirs in Brazil. **Lakes & Reservoirs: Research & Management**, v.16, p.253–264, 2011.

BUCCI, 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 & Água**, v.9, n.1, 2014

BUSS, D.F.; BAPTISTA, D.F.; NESSIMIAN, J.L. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. **Caderno de Saúde Pública**, v.9, p.465-473, 2003.

BUZELLI, G.M.; CUNHA-SANTINO, M.B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Revista Ambiente & Água**, v.8, n.1, p. 186-205. 2013.

- CARVALHO, C.F.; FERREIRA, A.L.; STAPELFELDT, F. Qualidade da Água do Ribeirão Ubá. **Geociências**, v.57, p.165-172, 2004.
- CETESB. **Relatório de Qualidade das Águas Superficiais Apêndice C - Índices de Qualidade das Águas** CETESB 2014. Disponível em: <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/>>. Acesso em: Jan. 2016.
- CUNHA, D.G.F.; CALIJURIA, M.C.; LAMPARELLI, M.C. A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs (TSI<sub>tr</sub>). **Ecological Engineering**, v.60, p.126-134, 2013.
- CUNHA, R.W.; GARCIA JR., M.D.N.; ALBERTONI, E.F.; SILVA, C.P. Qualidade de água de uma lagoa rasa em meio rural no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.7, p.770–779, 2013.
- DNAEE, Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica, Divisão de concessão de recursos Hídricos, **Manual de serviços de hidrometria**. DNAEE: São Paulo, 1977, 95p.
- EWAID, S.H.; ABED, S.A. Water quality index for Al-Gharraf River, southern Iraq. **The Egyptian Journal of Aquatic Research**, v.43, n.2, p.117-122, 2017.
- FERREIRA, K.C.D.; LOPES, F.B.; ANDRADE, E.M.; MIIRELES, A.C.M.; SILVA, G.S. Adaptação do índice de qualidade da água da National Sanitation Foundation ao semiárido brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, v.46, n.2, p.277-286, 2015.
- FIA, R.; TADEU, H.C.; MENEZES, J.P.C.; FIA, F.R.L.; OLIVEIRA, L.F.C. Qualidade da água de um ecossistema lótico urbano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.20, n.1, p.267-275, 2015.
- FIA, R.; MATOS, A.T.; CORADI, P.C.; RAMIREZ, O.P. Estado trófico da água na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim, RS, Brasil. **Ambi-Água**, v.4, n.1, p. 32-141, 2009.
- IGAM. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Sistema de cálculo da qualidade da água (SCQA): **Estabelecimento das Equações do índice de Qualidade das Águas (IQA)**. Relatório 1. 2005.
- LAMPARELI, M.C. **Graus de trofia em corpos de água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 2004. 207f. Tese (Doutorado em Ecossistemas Terrestres e Aquáticos) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- LEMOS, M.; FERREIRA NETO, M.; DIAS, N.S. Sazonalidade e variabilidade espacial da qualidade da água na Lagoa do Apodi, RN. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.2, p.155–164, 2010.
- LIMA, P.F.; PORFÍRIO, A.; FREIRE, R.H.F.; SANTAELLA, S. Preliminary analysis on the use of Trophic State Indexes in a brazilian semiarid reservoir. **Acta Scientiarum**, v.37, n.3, p.309-318, 2015.
- MENEZES, J.P.C.; FRANCO, C.S.; OLIVEIRA, L.F.C.; BITTENCOURT, R.P.; FARIAS, M.S.; FIA, R. Morfometria e evolução do uso do solo e da vazão de máxima em uma bacia

urbana. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.15, p.659-672, 2014.

NILSSON, C.; RENÖFÄLT, B.M. Linking flow regime and water quality in rivers: a challenge to adaptive catchment management. **Ecology and Society**, v.13, n.2, 2008.

OLIVEIRA, C.S.P.; SILVA, J.C.; TAVARES, J.L. Análise de qualidade da água e percepção ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu (BHRP). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.8, n.3, p.13-26, 2020.

OLIVEIRA, L.F.C.; CALIL, P.M.; RODRIGUES, C.; KLIEMANN, H.J.; OLIVEIRA, V.A. Potencial do uso dos solos da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte, Goiás. **Ambi-Agua**, v.8, n.1, p.222-238, 2013.

PEREIRA, R.; BISSANI, K. A regularização do parcelamento do solo de loteamentos públicos: um estudo a partir do projeto do loteamento de interesse social Vila Betinho em Chapecó/SC. **Revista Brasileira de Políticas Públicas**, v.7, n.2, p.205-215, 2017.

PINTO, D.B.F.; SILVA, A.M.; MELLO, C.R.; COELHO, G. Qualidade da água do Ribeirão Lavrinha na região Alto Rio Grande - MG, Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.4, p.1145-1152, 2009.

QUINELATO, R.V.; FARIAS, E. S.; BRITO, J.M.S.; VIRGENS, W.A.; PIRES, L.C. Análise espaço temporal da qualidade da água dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, Bahia. **Scientia Plena**, v.16, n.7, p.1-12, 2020.

RABELO, G.C.; BISCAÍNO NETO, J.; FREIRE, R. Análise dos dados de monitoramento de qualidade de água de uma bacia hidrográfica na proposta de um índice qualidade de água urbano (IQUAU). **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica**, v.13, n.3, p.806-821, 2020.

RIBEIRO, H.M.C.; CAMPOS, S.P.; CARNEIRO, C.R.O., COSTA, G.M.M.; PANTOJA, D.N.S.M. Índice do Estado Trófico (IET) em águas amazônicas: baía do Marajó e baía do Guajarará. **Research, Society and Development**, v.9, n.9, e547997376, 2020.

RIBEIRO, N.U.F.; BEGA, J.M.M.; CARVALHO, S.L. Índice de qualidade das águas no rio Paraná, Aparecida do Taboado - MS, Brasil: dados preliminares. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v.8, n.64, p.101-116, 2020.

ROSA, D. M. **A evolução da qualidade das águas do rio Paraíba do Sul**. 2012, 288f. Dissertação (Mestrado em Saúde Ambiental) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SANTI, G.M.; FURTADO, C.M.; MENEZES, R.S.; KEPPELER, E.C. Variabilidade espacial de parâmetros e indicadores de qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do Igarapé São Francisco, Rio Branco, Acre, Brasil. **Ecologia Aplicada**, v.11, n.1, p.23-31, 2012.

SANTOS, G.B.; VALENTINI, M.H.K.; SILVA, L.A.; FRANZ, H.S.; CORRÊA, B.L.; VIANA, F.V.; CORRÊA, M.G; VIEIRA, B.M.; NADALETI, W.C.; LEANDRO, D.; VIEIRA, B.M. Avaliação dos parâmetros e do índice de qualidade

da água para o Arroio Moreira/Fragata, Pelotas/RS. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.4, p.287-299, 2020.

**Engenharia Agrícola**, v.30, n.4, p.732-741, 2010.

SOUZA, A.D.G.; SOUZA A.H.A  
influência da área urbana sobre a qualidade da água na bacia hidrográfica do ribeirão dos poços (Poços de Caldas, MG). **HOLOS Environmental**, v.15, n.2, p.139-151.2015.

TITO, J.C.R; LUNA, L.M.G. Trophic status of twenty-four water reservoirs in the eastern of Cuba. **Revista Cubana de Química**, v.32 n.1, p.136-153, 2020.

TYAGI, S.; SHARMA, B.; SINGH, P.; DOBHAL, R. Water quality assessment in terms of water quality index. **American Journal of Water Resources**, v.1, n.3, p.34-38, 2013.

VILLABONA-GONZÁLEZ, S.L.; BENJUMEA-HOYOS, C.A.; GUTIÉRREZ-MONSALVE, J. A.; LÓPEZ-MUÑOZ, M.T.; GONZÁLEZ, E.J. Variables fisicoquímicas y biológicas de mayor influencia en el estado trófico de cinco embalses andinos colombianos. **Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exatas, Físicas y Naturales**, v.44, n.171, p.344-359, 2020.

WENGRAT, S.; BICUDO, D.C. Spatial evaluation of water quality in an urban reservoir (Billings Complex, southeastern Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.23, n.2, p.200-216, 2011.

ZANINI, H.L.H.T.; AMARAL, L.A.; ZANINI, J.R.; TAVARES, L.H.  
Caracterização da água da bacia do córrego rico avaliada pelo índice de qualidade de água e de estado trófico.