

## O uso de dados secundários como ferramenta de controle sanitário

O presente estudo objetivou avaliar a qualidade da água do rio Piracicaba, localizado na bacia do Rio Doce, por meio de dados coletados nas cidades de Rio Piracicaba, João Monlevade e Nova Era entre os anos de 2018 e 2022, utilizando o banco de dados disponibilizado pelo Instituto de Gerenciamento de Água de Minas Gerais (IGAM). A qualidade da água do rio foi classificada como média segundo o Índice de Qualidade da Água. No entanto, foram identificadas concentrações de *Escherichia coli* acima do limite recomendado em todas as amostras coletadas no trecho monitorado. Ademais, o ponto RD026, situado em João Monlevade, foi classificado como mesotrófico, enquanto os pontos RD025 e RD029 foram classificados como oligotróficos. A fim de comparar os resultados obtidos com dados históricos, foram utilizados registros que abarcam o período de 2007 a 2017. Os resultados demonstraram que, com exceção da turbidez e dos sólidos, a qualidade da água nos pontos avaliados do rio Piracicaba manteve suas características sem alterações significativas de qualidade. Esse estudo apresenta informações relevantes sobre a qualidade da água no rio Piracicaba e reforça a necessidade de medidas para reduzir a poluição e garantir a preservação do ecossistema aquático local.

**Palavras-chave:** IQA; Eutrofização; IET; Saneamento.

## The use of secondary data as a health control tool

The present study aimed to evaluate the water quality of the Piracicaba River, located in the Rio Doce basin, through data collected in the cities of Rio Piracicaba, João Monlevade, and Nova Era between the years 2018 and 2022, using the database provided by the Water Management Institute of Minas Gerais (IGAM). The water quality of the river was classified as moderate according to the Water Quality Index. However, concentrations of *Escherichia coli* above the recommended limit were identified in all samples collected in the monitored section. Additionally, the RD026 point, located in João Monlevade, was classified as mesotrophic, while the RD025 and RD029 points were classified as oligotrophic. To compare the results obtained with historical data, records covering the period from 2007 to 2017 were used. The results showed that, except for turbidity and solids, the water quality in the evaluated points of the Piracicaba River maintained its characteristics without significant changes in quality. This study provides relevant information on the water quality of the Piracicaba River and reinforces the need for measures to reduce pollution and ensure the preservation of the local aquatic ecosystem.

**Keywords:** IQA; Eutrophication; ETI; Sanitation.


Topic: Engenharia Sanitária


Received: 14/02/2023

Approved: 09/04/2023


Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Ana Maria Moreira Batista   
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/9828460785699072>  
<http://orcid.org/0000-0002-9836-267X>  
[ana.batista@uemg.br](mailto:ana.batista@uemg.br)

Luciene Alves Batista Siniscalchi   
Universidade Federal de Lavras, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/7511499030309427>  
<http://orcid.org/0000-0001-7892-0112>  
[luciene.batista@ufla.br](mailto:luciene.batista@ufla.br)

Giuliano Siniscalchi Martins   
Instituto Federal de Minas Gerais, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/8886004663129168>  
<http://orcid.org/0000-0002-8258-8527>  
[julianoocuri2015@gmail.com](mailto:julianoocuri2015@gmail.com)

Adilson Assis Cruz Júnior  
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/7387923131250715>  
[adilsoncruzara@gmail.com](mailto:adilsoncruzara@gmail.com)

Hugo Marlon da Silva Nascimento   
Universidade Federal de Itajubá, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/7332125548519717>  
<http://orcid.org/0000-0003-1466-3676>  
[hugomarlonasilva@gmail.com](mailto:hugomarlonasilva@gmail.com)



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2023.002.0003

### Referencing this:

BATISTA, A. M. M.; SINISCALCHI, L. A. B.; MARTINS, G. S.; CRUZ JÚNIOR, A. A.; NASCIMENTO, H. M. S.. O uso de dados secundários como ferramenta de controle sanitário. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.14, n.2, p.20-29, 2023. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2023.002.0003>

## **INTRODUÇÃO**

Segundo dados do IBGE referentes ao ano de 2022, cerca de 86% dos domicílios do território nacional possuíam coleta do esgoto sanitário. Contudo, apenas 45% desse esgoto é submetido a algum tipo de tratamento. Quando lançados in natura os esgotos reduzem ou extinguem o Oxigênio Dissolvido (OD) presente no corpo d'água, afetando a vida aquática aeróbia, potencializando o risco de doenças e intensificando a insegurança hídrica. A falta de infraestrutura em saneamento básico no Brasil sobrecarrega os cursos d'água com excesso de matéria orgânica, alterando substancialmente a capacidade de autodepuração - processo natural em que os compostos orgânicos são convertidos em compostos inertes não prejudiciais do ponto de vista ecológico (ESTEVES, 2011). Além disso, o contínuo lançamento de efluentes sem tratamento leva ao processo de eutrofização, no qual o corpo d'água passa a apresentar elevadas quantidades de N e P que servem de substrato para a floração de cianobactérias, potencialmente tóxicas e que apresentam risco à saúde humana, animal e ambiental. Dessa forma, faz-se de extrema importância o monitoramento dos ambientes aquáticos como forma de controle sanitário, entretanto, esses monitoramentos são onerosos e dispendem tempo e mão de obra especializada, daí surge a importância da utilização de dados secundários gerados por monitoramentos realizados pelo governo.

O investimento feito pelo governo para o monitoramento dos ambientes aquáticos que compõem as Bacias Hidrográficas brasileiras gera um banco de dados que nem sempre é aproveitado em sua totalidade, por muitas vezes os dados são apenas números componentes de gráficos e tabelas para o cumprimento de Normas e Legislações, não objetivando assim a implementação de medidas de gestão e mitigação. Portanto, o presente projeto visa utilizar o banco de dados do Instituto Mineiro de Águas (IGAM) para aplicar análises estatísticas paramétricas e não paramétricas, índices, cálculos em um ambiente amplamente referenciados na literatura e dessa forma extrair o máximo de informações possíveis sobre a qualidade de água e estado trófico do Rio Piracicaba nos trechos que pertencem aos municípios de João Monlevade e Bela Vista, tendo em vista a escassez de estudos nessa área. Com isso será possível cobrar dos órgãos gestores medidas de intervenção e um atendimento de coleta e tratamento de esgotos que atenda a região, além de fazer justo uso dos recursos públicos destinados às coletas e monitoramento do Rio Piracicaba pelo Órgão gestor.

Dessa forma, esse estudo pretendeu avaliar o estado trófico, a capacidade de autodepuração e o Índice de Qualidade da Água (IQA) no rio Piracicaba, sub-bacia do Rio Doce (recentemente afetado pelo desabamento de uma barragem de rejeitos de minérios). Os dados são de um período pré-determinado (2018-2022). Os dados pertencem ao trecho após o lançamento de esgoto das cidades de Rio Piracicaba com 14.149 habitantes, João Monlevade 73.610 habitantes e Nova Era 17.524 habitantes. Dados do IBGE (Cidades, 2014) indicam que elas não possuem sistema de tratamento de sanitário.

## **REVISÃO TEÓRICA**

Avaliar a variação temporal no trecho delimitado no Rio Piracicaba e classificar os pontos no trecho de amostragem segundo o Índice de Qualidade da Água. Correlacionar alterações de qualidade da água com

a sazonalidade. Calcular o estado trófico nos pontos de amostragem dentro do trecho do Rio Piracicaba que passa pelos municípios de Rio Piracicaba, João Monlevade e Nova Era.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

O Rio Piracicaba pertence a uma bacia hidrográfica de 6.000 km<sup>2</sup> localizada no centro-leste de Minas Gerais entre os paralelos 20°61' e 19°47' S e meridianos 42°53' e 43°56' W, com 241 km de extensão, desde a sua nascente em Ouro Preto, até sua foz no Rio Doce entre os municípios de Ipatinga e Timóteo. O Rio Piracicaba é comprovadamente um local impactado pelo recebimento de esgoto doméstico e industrial sem tratamento, a cidade de João Monlevade, possui apenas uma ETE que entrou em operação apenas no final de 2018 e com atividades de siderurgia e agropecuárias próximas a degradação da qualidade da água vem se agravando.

Os dados utilizados na presente pesquisa foram obtidos no banco de dados do IGAM entre os anos de 2018, 2020, 2021 e 2022. A amostragem foi realizada pelo IGAM em três pontos, Rio Piracicaba (RD025), João Monlevade (RD026) e Nova Era (RD029). A localização dos pontos de coleta das amostras realizadas pelo IGAM está na Figura 1.

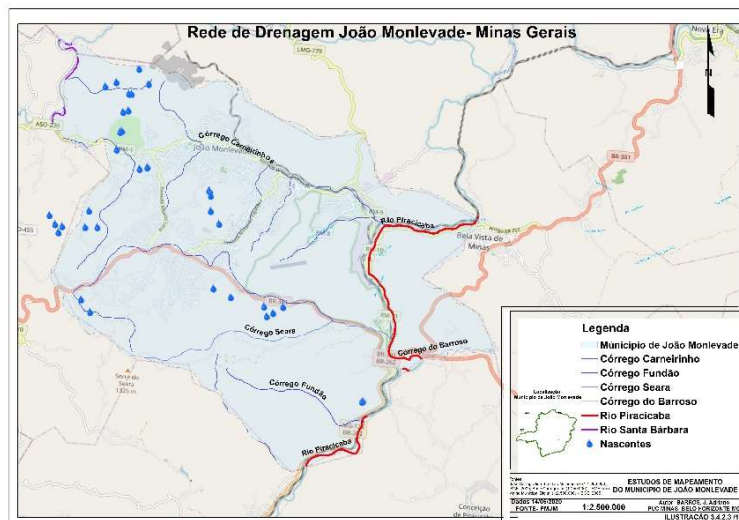


Figura 1: Localização dos pontos amostragem do IGAM.

### Aplicação dos índices (IQA) e (IET)

Para o Índice de Qualidade da Água (IQA), foi realizado o tratamento dos dados com auxílio da calculadora disponibilizada pelo IGAM, que além dos nove parâmetros do IQA (Oxigênio Dissolvido-OD, Coliformes/*E. coli*, Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO, Nitrato, Fosfato total, Temperatura, Turbidez e Sólidos Totais). O IGAM utiliza também o Cloreto Total para determinar a qualidade da água.

Utilizou-se o IQA multiplicativo, que atribui a cada parâmetro um peso, e é calculado pela seguinte fórmula:

$$(1) \quad IQA = \prod_{i=1}^n qi^{wi}$$

Onde:

qi: Qualidade do parâmetro i obtido através da curva média

wi: peso atribuído ao parâmetro, em função da sua importância na qualidade, entre 0 e 1 conforme indicado na sequência (Tabela 1).

**Tabela 1:** Pesos atribuídos aos parâmetros para o cálculo do IQA.

Parâmetros	Peso
Oxigênio Dissolvido (%ODSat)	0,17
Coliformes/ <i>E. coli</i> (NMP/100mL)	0,15
pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mgL <sup>-1</sup> )	0,1
Nitratos (mgL <sup>-1</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0,1
Fosfato total (mgL <sup>-1</sup> PO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	0,1
Temperatura (°C)	0,1
Turbidez (UNT)	0,08
Sólidos totais (mgL <sup>-1</sup> )	0,08

Fonte: IGAM (2017).

Conforme os valores do índice, que variam entre 0 e 100, é atribuída a situação de qualidade da água conforme especificado na Tabela 2.

**Tabela 2:** Classes de qualidade da água de acordo com os valores do IQA.

Classe	Valor
Excelente	90 < IQA ≤ 100
Bom	70 IQA ≤ 90
Médio	50 < IQA ≤ 70
Ruim	25 < IQA ≤ 50
Muito Ruim	0 < IQA ≤ 25

Fonte: IGAM (2017).

Para a avaliação do grau de trofia do corpo hídrico a aplicação do Índice de Lamparelli (2004) foi realizada com base nos dados de Fósforo e de clorofila-a, responsáveis pelo aumento da eutrofização e da atividade fotossintética, respectivamente. A determinação do IET pelo método modificado por Lamparelli (2004) é calculada por meio das equações:

$$(1) \quad IET (CL) = 10 * (6 - ((-0,7 - 0,6 * (\ln CL)) / \ln 2)) - 20$$

$$(2) \quad IET (PT) = 10 * (6 - ((0,42 - 0,36 * (\ln PT)) / \ln 2)) - 20$$

$$(3) \quad IET = [IET (PT) + IET (CL)] / 2$$

Onde:

PT: Concentração de Fósforo total medida à superfície da água, em µgL<sup>-1</sup>;CL: Concentração de Clorofila-a medida à superfície da água em µgL<sup>-1</sup>;

ln: Logaritmo natural.

A partir dos resultados obtidos pelas equações da concentração de Fósforo e de clorofila-a torna-se possível calcular a média aritmética simples, por meio da equação (3). A seguir a Tabela 3 com a classificação do ambiente aquático quanto ao estado trófico em rios.

**Tabela 3:** Classificação dos ambientes aquáticos lóticos quanto ao Grau de trofia.

Classes	Valor do IET
Ultraoligotrófica	IET ≤ 47
Oligotrófica	47 < IET ≤ 52
Mesotrófica	52 < IET ≤ 59
Eutrófica	59 < IET ≤ 63
Supereutrófica	IET > 67
Hipereutrófica	64 < IET ≤ 67

Adicionalmente, os resultados disponibilizados pelo IGAM entre 2018 a 2022 foram analisados por

meio da comparação com os padrões de qualidade de água das legislações Portaria de GM/MS 888/2017 e CONAMA 430/2011.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Qualidade da água: IQA, IET e parâmetros físico-químicos

Para os pontos analisados RD025 (Rio Piracicaba), RD26 (João Monlevade) e RD029 (Nova Era), foram observadas as seguintes médias do IQA 59; 58,2 e 62, respectivamente. Dessa forma, os índices médios encontrados para os pontos monitorados se inserem na classe Média o que representa que a água ainda se encontra apropriada para o tratamento convencional visando o abastecimento público (IGAM, 2014). Ao se avaliar a variação temporal entre 2018 e 2022 é possível observar que os pontos RD25 e 29 apresentaram valores um pouco superior em 2018, assim como RD26 e 29 em 2022. Contudo, sempre permaneceram na faixa de qualidade Média - Figura 2.

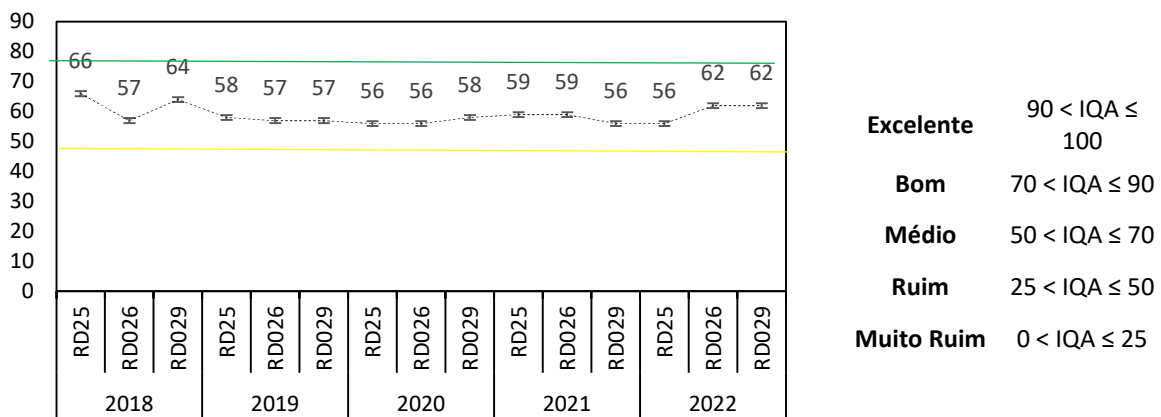


Figura 2: Variação espaço-temporal do IQA para os pontos analisados.

De acordo com os resultados do cálculo do IET Lamparelli (2004) considerando os valores de Fósforo Total, o ponto RD026 foi classificado como mesotrófico, e os pontos RD025 e RD029 como oligotróficos, os resultados das médias estão apresentados na Tabela 4.

Em estudo realizado pelos autores entre os anos de 2007-2017 (BATISTA et al., 2020) foram observados valores médios de IQA e IET similares, o que denota uma manutenção da qualidade da água que pode ser atribuída ao incremento da ocupação urbana no local, conforme dados obtidos no presente estudo pela expansão urbana.

Em geral, as concentrações médias de Fósforo Total se mantiveram dentro do estabelecido pela Resolução nº 430/211 do CONAMA - 1 mgL<sup>-1</sup> para rio de classe 2. A maior concentração média foi observada nos pontos RD029 e RD026 de 0,12 e 0,9 mgL<sup>-1</sup>, respectivamente, ambos em 2021. Portanto, a concentração desse nutriente está aumentando gradualmente se considerarmos os dados desde 2007 em que a concentração máxima de 0,07 mgL<sup>-1</sup> foi observada e nos últimos anos tem ultrapassado o limite estabelecido pela legislação vigente, visto que os efluentes domésticos das cidades de Rio Piracicaba, João Monlevade e Nova Era continuam sendo lançados sem tratamento nesse rio.

**Tabela 4:** Comparação do estado trófico, valores médios, nos pontos monitorados entre os anos de 2007-2017 e 2018 e 2022 com base nos valores de Fósforo Total.

Ponto	Média	*IET	Média	*IET
		2007-2017		2018-2022
<b>RD025</b>	48,2	<b>Oligotrófico</b>	49	<b>Oligotrófico</b>
<b>RD026</b>	52,6	<b>Mesotrófico</b>	53,3	<b>Mesotrófico</b>
<b>RD029</b>	51,5	<b>Oligotrófico</b>	51	<b>Oligotrófico</b>

O aumento da concentração de fósforo em ambientes aquáticos está diretamente relacionado ao aumento da atividade fotossintética, que pode ser medida pela concentração pela extração da clorofila-a. As maiores concentrações médias de Clorofila-a foram observadas em 2020 para todos os pontos com o mínimo de  $(1,295\mu\text{gL}^{-1})$  no ponto RD025 e o máximo de  $1,439\mu\text{gL}^{-1}$  no ponto RD029, todavia, ainda abaixo do limite estabelecido pela Resolução nº430/2011 do CONAMA  $30\mu\text{gL}^{-1}$  – Tabela 5.

**Tabela 5:** Valores médios da concentração de Clorofila-a ( $\mu\text{g}$ ) nos pontos monitorados entre os anos de 2018 a 2022.

Ponto coleta	Média				
	2018	2019	2020	2021	2022
<b>RD025</b>	0,8	0,8	1,4	1,3	1
<b>RD026</b>	0,8	0,8	1,3	1	1
<b>RD029</b>	0,8	0,8	1,2	1	1

O Rio Piracicaba é um dos afluentes mais degradados do Rio Doce, sua ocupação urbana começou no final do século XVII as margens do rio para extração de minério, que levou ao surgimento das atuais cidades de Ouro Preto e Mariana. No século XX a urbanização se consolidou com a construção da Estrada de Ferro Vitória Minas que propiciou o surgimento de núcleos urbanos. A biodiversidade local com a presença de vegetação e a possibilidade de captação de água do Rio encorajaram a instalação de empresas siderúrgicas em João Monlevade e Vale do Aço, incrementando o crescimento demográfico. O Rio Piracicaba é responsável por abastecer plantas industriais e de usinas hidrelétricas. Concomitante, o Rio sofre com a perda de volume útil pelo assoreamento do solo altamente impactado por tais usos, a fragmentação de área pelo desmatamento, a monocultura de eucalipto e o recebimento de esgoto sem tratamento prévio (CBH-Piracicaba, MG, 2021).

A bacia hidrográfica do Rio Piracicaba compreende 21 municípios: Alvinópolis, Antônio Dias, Barão de Cocais, Bela Vista de Minas, Bom Jesus do Amparo, Catas Altas, Coronel Fabriciano, Ipatinga, Itabira, Jaguaráçu, João Monlevade, Mariana, Marliéria, Nova Era, Ouro Preto, Rio Piracicaba, Santa Bárbara, Santana do Paraíso, São Domingos do Prata, São Gonçalo do Rio Abaixo, Timóteo totalizando aproximadamente 800 mil pessoas. Desse total, apenas 39,9% da população urbana possui tratamento de esgoto doméstico, os outros 60,1% da população tem seus esgotos lançados *in natura* no rio Piracicaba (IGAM, 2014) sobrecarregando os cursos d'água e ocasionando a eutrofização, que conseqüentemente leva as florações ou “blooms” de cianobactérias (NEWCOMBE et al., 2012).

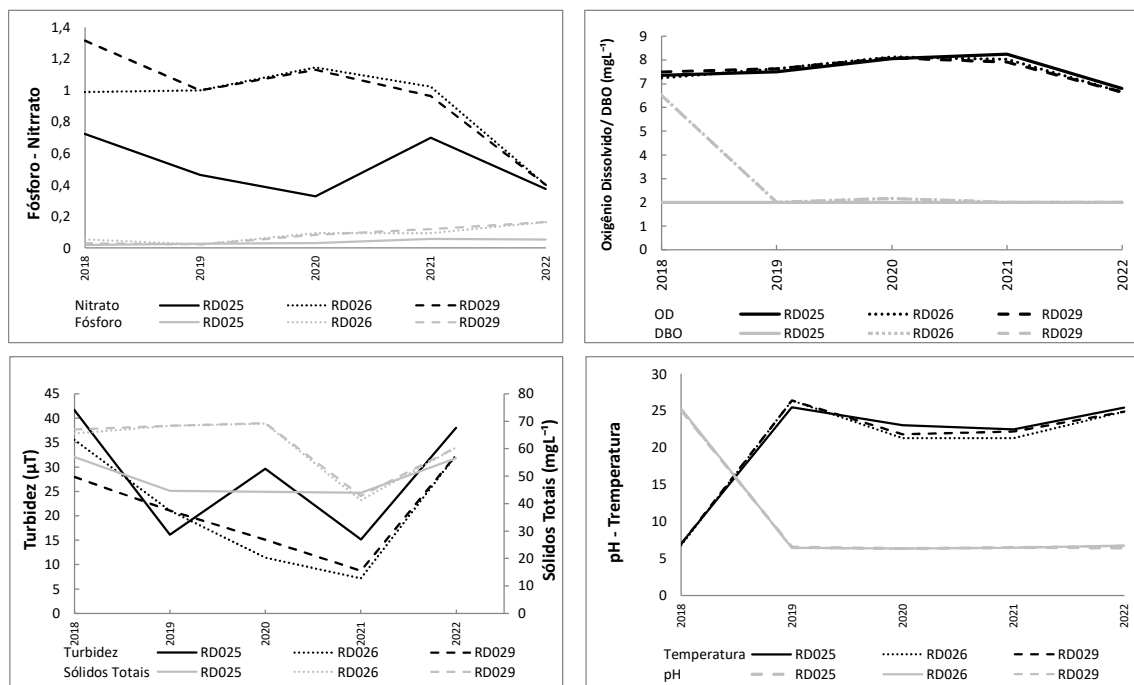
Em se tratando de parâmetros que inferem sobre a carga de matéria orgânica e o oxigênio necessário para sua depuração, segundo a Resolução nº 430/2011 do CONAMA, para os rios de classe 2 a DBO não poderia atingir valores superiores a  $5\text{mgL}^{-1}$ . Observou-se nos três pontos uma média de  $2\text{mgL}^{-1}$ . Porém,

no ponto RD026 e 29 foram registrados valores pontuais de  $6,6 \text{ mgL}^{-1}$  que excedeu o limite estabelecido em 2018. A concentração de OD que por sua vez é utilizada para depuração da carga orgânica (VON SPERLING, 2005) se manteve em todas as amostragens acima do mínimo requerido pela Resolução CONAMA nº 430/2011, qual exige concentração superior a  $5 \text{ mgL}^{-1}$  para rios de classe 2, Figura 3B.

O resultado da DBO para os trechos analisados no Rio Piracicaba, portanto, representa que a demanda de oxigênio dissolvido necessária para estabilização da matéria de origem orgânica pelos microrganismos aeróbios, cuja fontes podem ser internas (autóctones) ou externas (alóctones) ao ecossistema aquático, está sendo depurada, uma vez que a fração de OD existente ainda é suficiente para tal (ESTEVES, 2011). Nesse caso, a elevada taxa de oxigenação se deve, principalmente, as características hidrodinâmicas de ambientes lóticos, rios, que possuem um baixo tempo de residência da água, e a introdução de OD pela atividade fotossintética é menos representativa do que para ambientes lóticos como lagoas, lagos e reservatórios (VON SPERLING, 2005; ESTEVES, 2011).

Resultado similar ao detectado nos mesmos pontos do Rio Piracicaba em uma série histórica de monitoramento entre 2007-2017, entretanto as taxas de DBO vem aumentando sensivelmente em função do aumento da urbanização (BATISTA et al., 2020).

Outra importante variável utilizada na caracterização da qualidade de água é a turbidez, que em um rio de classe 2 não pode ultrapassar o valor de  $100 \text{ uT}$ , CONAMA nº 357/2005. Percebeu-se pouca variação nos dados para esse parâmetro e os valores médios estiverem entre o mínimo de  $7 \text{ uT}$  (RD026 em 2021) e o máximo de  $41,7 \text{ uT}$  no RD025 em 2018 - Figura 3C.



**Figura 3:** Concentrações de (A) Nitrato (N) e Fósforo Total (PT); (B) DBO e OD; (C) Turbidez e Sólidos Totais; (D) pH e Temperatura nos pontos RD025, 026 e 029 de 2018 a 2022.

No período analisado a média de Sólidos totais se manteve abaixo do estabelecido que é de  $500 \text{ mgL}^{-1}$  em todas as classes de águas doces, o que demonstra alguma melhoria da qualidade de água em relação a esses parâmetros, Sólidos e Turbidez, considerando os dados de 2007-2017 quando o limite foi

ultrapassado em algumas amostras.

Considerando que este parâmetro mede a dificuldade de um feixe de luz atravessar certa quantidade de água, conferindo uma aparência turva a ela. O declínio da turbidez afeta diretamente e positivamente a produção primária, pois aumenta a disponibilidade de radiação fotossinteticamente reativa (PAR) subaquática (REYNOLDS, 2006). É possível que tenha ocorrido atenuação do carreamento de material particulado em suspensão (silte, argila, sílica, coloides) resultando numa melhoria desse parâmetro e consequentemente da qualidade de água ao seu comparar com dados anteriores -2007-2017.

O pH se manteve sempre próximo à neutralidade (6 e 7) conforme esperado em todas as classes de água doce. Nos trechos analisados, a Temperatura da água apresentou maior média no ponto RD029, 26,4 °C, com o valor mínimo no ponto RD026 21,3 °C em 2020 - Figura 3D.

### Qualidade microbiológica da água

No presente estudo, foram observados valores médios de Coliformes, acima do limite estabelecido pela Resolução nº430/2011 do CONAMA estabelece que para Rios de classe 2 o limite de concentração para Coliformes/*E. coli* deve ser de no máximo 1.000 NMP/100 mL em 100% das coletas com amostragens realizadas bimestralmente. Valores médios de 24196 Coliformes -NMP/100mL foram registrados na maioria das amostragens, o que indica alguma inconsistência na análise das amostras, uma vez que o valor de >24196 NMP/100mL se refere ao máximo possível de leitura ao se utilizar o substrato enzimático Colilert®, esse por sua vez não recomenda a análise de amostras de água bruta, mas apenas as de água tratada, além disso seria necessária uma pré-diluição para se saber o real valor de bactérias do grupo Coliformes, visto que o valor é dado com imprecisão em >24196 NMP/100mL - Figura 4.

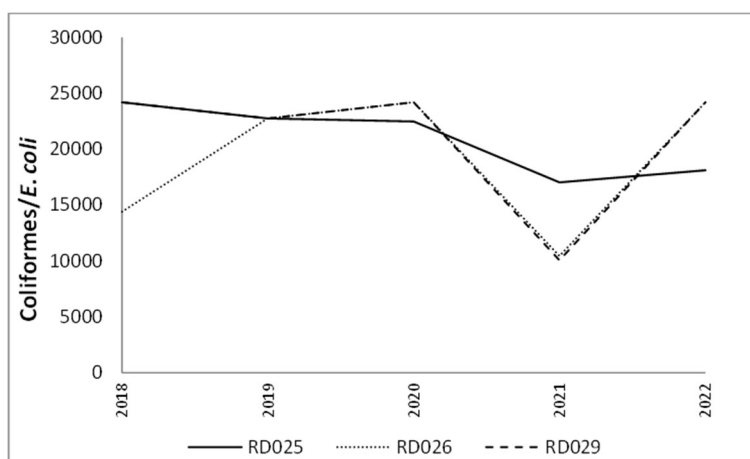


Figura 4: Ocorrência de Coliformes/*E. coli*.

Em nenhuma amostragem ocorreram valores de bactérias do grupo Coliformes dentro do estabelecido pela Resolução, isso considerando os dados entre 2018 a 2022 e ainda, os de 2007-2017 (BATISTA et al., 2020). O monitoramento de indicadores de qualidade microbiológica serve como medida de proteção para o risco associado a contaminação por outros microrganismos patogênicos não monitorados, como protozoários emergentes, *Giardia*, *Cryptosporidium* e vírus entéricos.

A *Giardia* é um protozoário flagelado que habita o trato intestinal de seres humanos e outros animais.



A infecção ocorre através da ingestão de cistos (forma inativa do parasita) presentes em água ou alimentos contaminados. Os sintomas mais comuns da giardíase incluem diarreia, dor abdominal, náuseas e perda de peso. Assim como a *Giardia* o *Cryptosporidium* é capaz de transmitir uma doença de veiculação hídrica, a criptosporidiose, que também é transmitida pelo contato com água ou alimentos contaminados por oocistos do parasita. A criptosporidiose pode causar diarreia aquosa, cólicas abdominais, náuseas e febre baixa. Em pessoas com sistema imunológico enfraquecido, como aquelas com HIV/AIDS, a infecção pode ser mais grave e duradoura. O tratamento para a criptosporidiose envolve a reidratação oral e, em alguns casos, medicamentos antiparasitários.

Além desses protozoários, existem diversos vírus entéricos que também são considerados emergentes. Esses vírus são transmitidos principalmente pela via fecal-oral, geralmente através do consumo de água ou alimentos contaminados. Exemplos de vírus entéricos incluem o norovírus e o rotavírus. Esses vírus podem causar gastroenterite, caracterizada por diarreia, vômitos, dor abdominal e febre.

Pesquisadores finlandeses analisaram 139 amostras pertencentes a 22 corpos d'água quanto a eficiência do uso de coliformes termotolerantes como indicadores fecais – *E. coli*, *Clostridium perfringens* e bacteriófagos ácido nucléico F-específicos (F-RNA) –, para servirem como substitutos na detecção de patógenos específicos como *Campylobacter* spp., *Giardia* spp., *Cryptosporidium* spp. e norovírus. O estudo concluiu que a presença de coliformes termotolerantes e *E. coli* têm significado valores preditivos para a presença dos enteropatógenos estudados. A ausência de indicadores mostrou ser preditiva da ausência dos patógenos (HÖRMAN et al., 2004). Entretanto, há autores que discordam em relação ao uso de *E. coli* como indicadores substitutos de protozoários patogênicos, como o *Cryptosporidium* (Nieminski et al. 2008), pois em se tratando de potabilidade algumas bactérias patogênicas são mais resistentes ao cloro (FIELD et al., 2007).

Dessa forma, há consenso de que quando detectados em valores acima do recomendado, conforme observado na maioria das amostragens no Rio Piracicaba para o trecho analisado, há maior risco de contaminação pela presença de patógenos. Mesmo que durante atividades de recreação de contato primário e secundário. O despejo de efluentes domésticos nesse caso é o principal contribuinte da carga de bactérias entéricas. A elevada concentração de bactérias do grupo Coliformes e de *E. coli* reforçam os dados de que esse ambiente está em deterioração e perda da qualidade de água, conforme já vem sendo observado para os parâmetros P, N e matéria orgânica desde 2007 e confirmando para dados de até 2022.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram caracterizar o histórico das da qualidade das águas do rio Piracicaba nas cidades de João Monlevade, Rio Piracicaba e Nova Era desde 2007 (dados já publicados) até 2022. A qualidade do rio é média nos três pontos estudados segundo IQA. Observou-se que o rio vem sofrendo com as interferências antrópicas na região e passa por um processo de deterioração e o estado trófico foi afetado, principalmente no município de João Monlevade que apresentou o pior índice trófico, apontando características mesotróficas. Em contrapartida as cidades de Rio Piracicaba e Nova Era

mantiveram o grau de trofia, oligotróficos. Portanto, a necessidade de ações mitigadoras para o controle dos impactos causados é de extrema importância, visto que o aumento de nutrientes pode resultar na eutrofização gerando um ambiente com condições anaeróbias e florações de cianobactérias que produzem toxinas letais aos seres humanos e animais. A principal medida é a coleta e tratamento de efluentes nas cidades, o que atenuaria a degradação do ambiente aquático provocado pelo despejo dos efluentes domésticos e industriais.

**AGRADECIMENTOS:** À Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), pelo apoio Institucional e concessão de bolsa de pesquisa à primeira autora pelo Programa de bolsas de produtividade em pesquisa (PQ) - Edital 08/2021.

## REFERÊNCIAS

BATISTA, A. M. M.; FIGUEIREDO, T. A.; BARROS, A. J.; SILVA, T. A. A.; PEREIRA, V. H. B.; NASCIMENTO, A. T. A.; SINISCALCHI, L. A. B.. Diagnóstico da qualidade da água do Rio Piracicaba e sua correlação com a urbanização. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.7, p.305-320, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.007.0026>

BRASIL. **Portaria n. 2914 de 12 de dezembro de 2011.** Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília: DOU, 2011.

BRASIL. **Portaria de consolidação n. 5 de 28 de setembro de 2017.** Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Brasília: DOU, 2017.

BRASIL. **Portaria de consolidação n. 5 alterado para 888 de maio de 2021.** Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Brasília: DOU, 2017.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 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: DOU, 2005.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 430, de 13 de maio de 2011.** Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005. Brasília: DOU, 2005.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo.** São Paulo: CETESB, 2009.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem.** Apêndice A. Série Relatórios. CETESB, 2009.

ESTEVES, F.. **Fundamentos de Limnologia.** 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

FIELD, K.; SAMADPOUR, M.. Fecal source tracking, the indicator paradigm, and managing water quality. **Water Research**, v.41, n.16, p.3517–3538, 2007.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro de 2010.** Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

IGAM. Instituto Mineiro de Gestão da Água. **Portal dos Comitês de Bacias Hidrográficas.** Belo Horizonte: IGAM, 2017.

IGAM. Instituto Mineiro de Gestão da Água. **Identificação de municípios com condição crítica para a qualidade de água na sub-bacia do rio Piracicaba.** Belo Horizonte: IGAM, 2014.

LAMPARELLI, M. C.. **Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento.** Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

NEWCOMBE, G.; CHORUS, I.; FALCONER, I.; LIN, T. F.; NEWCOMBE, G.. Cyanobacteria: impacts of climate change on occurrence, toxicity and water quality management. **Water Research**, v.46, n.5, p.1347-1584, 2012. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.watres.2011.12.047>

REYNOLDS, C. S.. **The Ecology of Phytoplankton.** Cambridge University Press, Cambridge, 2006. <http://doi.org/10.1017/CBO9780511542145>

VON SPERLING, M.. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005.