

## Artigo

## Qualidade da Água do Rio dos Índios sob Influência de Atividades Agroindustriais e de Urbanização

Lunelli, K.;\* Narciso, N. B.; Paulino, Ê. A.; Koslowski, L. A. D.

Rev. Virtual Quim., 2019, 11 (4), 1190-1202. Data de publicação na Web: 26 de agosto de 2019

<http://rvq.sbq.org.br>

### Water Quality of Rio dos Índios Under the Influence of Agro-Industrial Activities and Urbanization

**Abstract:** Agro-industrial activity and urbanisation along river beds have a strong impact on the contamination of water bodies due to the discharge of sewage and industrial effluents. The Índios River, located in the city of Presidente Getúlio/SC, Brazil was assessed for pH, turbidity, dissolved oxygen, nitrate, nitrite, phosphorus, microbiological analysis (*Escherichia coli*), biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, oils and grease, and dissolved iron. The results were compared with the Resolution 357/2005 of the National Environmental Council. The results show that the following parameters and respective average values do not answer Resolution: pH (5.50), phosphorus (0.11-0.51 mg L<sup>-1</sup>), oils and greases (24.00-46.33 mg L<sup>-1</sup>), dissolved iron (0.86-1.29 mg L<sup>-1</sup>) and *Escherichia coli* (432.07-2419.60 MPN per 100 mL).

**Keywords:** Índios River; contamination; domestic effluente; agro-industry; urbanization.

### Resumo

Os impactos das atividades agroindustriais e da urbanização nos cursos d'água apresentam destaque relevante na contaminação de corpos hídricos. A qualidade das águas em grande parte dos rios, pode ser prejudicada severamente pelo lançamento de esgoto e efluentes industriais. O objetivo deste trabalho, foi realizar a avaliação da qualidade da água do Rio dos Índios, localizada na cidade de Presidente Getúlio/SC, por meio dos seguintes parâmetros analíticos: pH, turbidez, oxigênio dissolvido (OD), nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), fósforo (P), análise microbiológica (*Escherichia coli*), demanda bioquímica de oxigênio (DBO5), demanda química de oxigênio (DQO), óleos e graxas (OG) e ferro dissolvido (Fe). Os valores obtidos foram comparados com a Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Os resultados obtidos indicam que os seguintes parâmetros avaliados não atenderam a Resolução Conama 357/2005: pH (5,50), fósforo (0,11 – 0,51 mg L<sup>-1</sup>), óleos e graxas (24,00 – 46,33 mg L<sup>-1</sup>), ferro dissolvido (0,86–1,29 mg L<sup>-1</sup>) e *Escherichia coli* (432,07 – 2.419,60 NMP por 100 mL).

**Palavras-chave:** Rio dos Índios; contaminação; efluente doméstico; agroindústria; urbanização.

\* Universidade do Estado de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Sanitária, Campus Ibirama, CEP 89140-000, Ibirama-SC, Brasil.

✉ [karina-1003@hotmail.com](mailto:karina-1003@hotmail.com)

DOI: [10.21577/1984-6835.20190082](https://doi.org/10.21577/1984-6835.20190082)

## Qualidade da Água do Rio dos Índios sob Influência de Atividades Agroindustriais e de Urbanização

Karina Lunelli,\* Natânie Bigolin Narciso, Êndrio de Abreu Paulino,  
Luciano André Deitos Koslowski

Universidade do Estado de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Sanitária, Campus Ibirama, CEP 89140-000, Ibirama-SC, Brasil.

\* [karina-1003@hotmail.com](mailto:karina-1003@hotmail.com)

*Recebido em 11 de janeiro de 2019. Aceito para publicação em 4 de julho de 2019*

### 1. Introdução

### 2. Material e Métodos

2.1. Região de estudo e pontos de amostragem

2.2. Amostragem e análises físico-químicas e microbiológicas

### 3. Resultados e Discussão

3.1. Turbidez

3.2. Nitrato e nitrito

3.3. DBO5, DQO e OD

3.3. pH

3.4. Fósforo

3.5. Ferro dissolvido

3.6. Ensaio microbiológico

3.7. Óleos e graxas

### 4. Conclusão

#### 1. Introdução

---

As atividades desempenhadas no meio rural evidenciam uma das práticas econômicas mais antigas desenvolvidas pela humanidade, representando 21,6 % do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil em 2017.<sup>1</sup> Vale ressaltar que, a produção de carne suína no Brasil, ocupa entre as atividades agroindustriais a quarta posição no ranking de

produção e exportação mundial deste produto.

A problemática ambiental relacionada a intensa atividade industrial na suinocultura remete ao complexo sistema de descarte de efluentes deste setor, resultando na produção de grandes volumes de águas residuárias na suinocultura (ARS). Bustillo-Lecompte e Mehrvar<sup>2</sup> enfatizam em seus estudos o uso da água destinada ao processo de abate e sistema de limpeza das instalações. Scarassati *et al.*<sup>3</sup> reportam o uso de água em abate suíno

em torno de 1200 litros por animal assim distribuídos: 300 litros na sala de abate; 400 litros nas demais dependências; 500 litros nos anexos externos.

As águas residuárias provenientes da produção industrial são caracterizadas pela elevada carga orgânica (nitrogênio e fósforo), óleos e graxas e presença de sólidos suspensos, responsáveis por conferir turbidez a este efluente, além de apresentarem contaminantes químicos e biológicos.<sup>3-5</sup>

A qualidade da água doce tem sido comprometida devido a ações antrópicas, principalmente ligadas ao descarte de esgotos.<sup>6</sup> A destinação correta do esgotamento sanitário doméstico, tanto nas áreas urbanas quanto rurais, consiste em um problema em grande parte das cidades brasileiras.<sup>7</sup> Qasim<sup>8</sup> frisa que o esgoto sanitário apresenta características físicas, como a grande variedade de sólidos em suspensão, interferindo diretamente no aumento da turbidez; e de características químicas, devido a presença de matéria orgânica, fósforo, óleos e graxas.

Segundo a Agência Nacional das Águas (ANA),<sup>9</sup> cerca de 42,6 % dos esgotos do país apresentam tratamento e 39,0 % da carga orgânica gerada diariamente é removida pelas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) antes dos efluentes serem lançados no corpo d'água. Em âmbito regional o cenário se agrava, sendo que no Estado de Santa Catarina apenas 24,5 % do esgoto bruto recebe o devido tratamento.

Conforme a legislação brasileira vigente (Resolução nº 357/2005 – CONAMA),<sup>10</sup> que 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”, o Rio dos Índios é classificado como um rio de classe II.

O monitoramento da qualidade da água presume um modelo de sustentação,

planejamento e gestão de recursos hídricos, sendo, portanto, um modelo efetivo no acompanhamento do processo de uso dos corpos hídricos,<sup>11</sup> bem como na avaliação dos fatores e efeitos sobre as características qualitativas das águas e controle ambiental.<sup>12</sup>

Diante da problemática apresentada, o objetivo deste trabalho foi avaliar, por monitoramento de alguns parâmetros analíticos, a qualidade da água do Rio dos Índios no município de Presidente Getúlio/SC, Brasil devido a interferência de atividades antrópicas ou naturais neste corpo hídrico.

## 2. Material e Métodos

Este estudo foi desenvolvido em duas etapas: a primeira consistiu na escolha da região de estudo e pontos de amostragem; a segunda refere-se aos ensaios físico-químicos e microbiológicos realizados.

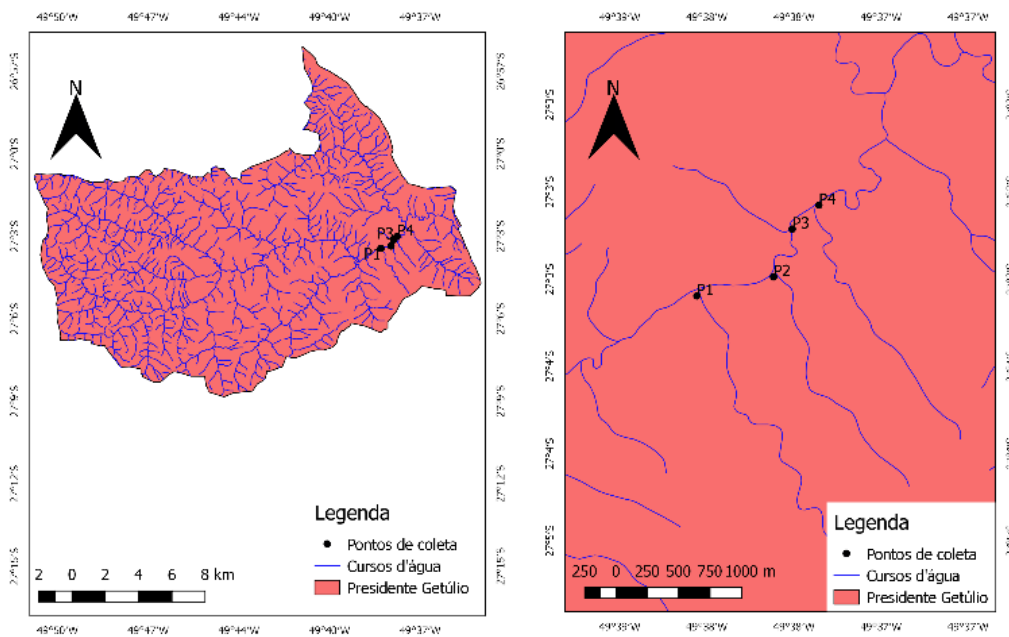
### 2.1. Região de estudo e pontos de amostragem

O trecho de estudo foi dividido em quatro pontos amostrais, sendo utilizado como critério dos pontos de monitoramento escolhidos a existência de área rural, urbana e industrial, conforme observado nas coordenadas geográficas (Tabela 1). A Figura 1 ilustra a localização dos pontos amostrais estudados empregando o sistema de coordenadas geográficas do software QGIS Desktop 2.18.18, utilizando os dados disponibilizados pela EPAGRI/CIRAM.<sup>13</sup>

As coletas foram realizadas em triplicatas, por meio de quatro ensaios com o intuito de avaliar a dinâmica de comportamento à ocorrência de fontes pontuais e difusas de contaminação.<sup>14</sup>

**Tabela 1.** Coordenadas geográficas dos pontos amostrais – Rio dos Índios

Ponto	Latitude	Longitude
P1	27° 3' 26,4" S	49° 38' 19,7" O
P2	27° 3' 20,9" S	49° 37' 57,5" O
P3	27° 3' 7,1" S	49° 37' 52,1" O
P4	27° 3' 0,2" S	49° 37' 44,4" O

**Figura 1.** Localização dos pontos amostrais via sistemas de coordenadas geográficas

## 2.2. Amostragem e análises físico-químicas e microbiológicas

Para avaliação da qualidade da água do Rio dos Índios, foram realizadas três coletas por ponto de amostragem conforme ilustrado na Figura 2. As coletas foram realizadas no período de quatro semanas, entre o mês de abril e maio de 2018. O armazenamento e transporte das amostras foi realizado

conforme preservação e armazenamento preconizado pela norma NBR 9898/1987.<sup>15</sup> As análises físico-químicas e microbiológicas (Tab. 2) foram realizadas no Laboratório de Qualidade das Águas de Abastecimento da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Campus Ibirama. Os ensaios foram realizados com o intuito de avaliar a dinâmica de comportamento à ocorrência de fontes pontuais e difusas de contaminação.<sup>14</sup>



**Figura 2.** Imagens correspondentes aos pontos de coleta do Rio dos Índios

Os parâmetros físico-químicos foram determinados seguindo os procedimentos descritos no Standard Methods for the

Examination of Water and Wastewater da American Public Health Association (APHA),<sup>16</sup> conforme apresentado na Tabela 2.

**Tabela 2.** Metodologias utilizadas nas análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água do Rio dos Índios

Parâmetro	Metodologia
pH	SMEWW-4500H+.B
Turbidez (UNT)	SMEWW 2130B
OD (mg O <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> )	SMEWW 4500-O G.
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	APHA 4500- NO3
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	APHA 4500- NO2
P (mg L <sup>-1</sup> )	SMEWW 4500 P B
Temperatura (°C)	SMEWW 2550
E. coli (NMP 100 mL <sup>-1</sup> )	Método cromogênico
DBO5 (mg L <sup>-1</sup> )	SMEWW – 5210D
DQO (mg L <sup>-1</sup> )	SMEWW – 5220D
OG (mg L <sup>-1</sup> )	SMEWW – 5520D e 5520F
Fe (mg L <sup>-1</sup> )	SMEWW – 3030E e 3120B

SMEWW: Standard Methods for Examination Water and Wastewater 22 edition



Os ensaios físico-químicos e microbiológicos foram realizados de acordo com a descrição abaixo.

As análises instrumentais realizadas foram: determinação de oxigênio dissolvido pelo método eletrométrico (Oxímetro Logen Scientific, modelo L50D-4000 Série 7420), temperatura (Logen Scientific, modelo L50D-4000 Série 7420), pH pelo método eletrométrico (Peagâmetro Hanna HI 3221), turbidez pelo método nefelométrico (Turbidímetro Hanna HI 93703), quantificação de nitrato e nitrito pelo método colorimétrico (Colorímetro Merck Spectroquant Multy), fósforo e ferro dissolvido por meio de análise no Espectrômetro de Emissão Óptica com Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES Optima 8300 Perkin-Elmer), demanda bioquímica de oxigênio via método respirométrico (Aqualytic, modelo OxiDirect) e demanda química de oxigênio (Espectofotômetro HACH DR/2010).

A análise de óleos e graxas realizada via extração Soxhlet empregando como solvente hexano ( $MM = 86,18 \text{ g mol}^{-1}$ , Reatec) e aparato para a extração (bomba de vácuo Prismatec 131B 2VC, estufa Nova ética 400/3 ND e baterias Sebelin 6 provas - Quimis Q308B). As análises microbiológicas foram realizadas pelo método cromogênico com a utilização de reagente Colilert (Idexx) e cartelas próprias (Quanti-Tray/2000), Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater,<sup>17</sup> seladora térmica para vedação das cartelas (Quanti-Tray) e mantidas em uma incubadora (Cienlab, modelo CE-300/350F) por 24h a  $35 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas e a eficiência de tratamento de cada parâmetro analisado foram avaliados estatisticamente pela análise de variância (ANOVA), correlação de Spearman e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5 % de significância com auxílio do programa Statistica para Windows, versão 7.0, Statsoft.

### 3. Resultados e Discussão

---

A Tabela 3 sumariza os valores médios das análises físico-químicas e microbiológicas dos parâmetros analisados da água do Rio dos Índios confrontando com os valores estabelecidos pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA.<sup>10</sup>

A Tabela 4 aponta a correlação estatística das análises físico-químicas e microbiológicas.

A correlação de Spearman indica média negativa significativa ( $p < 0,05$ ) entre a temperatura da água e o oxigênio dissolvido (Tabela 4) indicando uma relação linear inversa entre essas duas variáveis. Neste sentido destaca-se a interferência da elevação da temperatura na diminuição da solubilidade de gases na água. Silva *et al.*<sup>18</sup> ressaltam a importância da análise da temperatura pela sua influência nos processos de solubilidade, principalmente do oxigênio.

Para a relação dos parâmetros óleos e graxas e coliformes (*E. coli*), a correlação é significativa no que tange à alta relação linear entre os dois parâmetros (Tabela 4). Os despejos industriais promovem o aumento de matérias graxas nos corpos d'água. A baixa solubilidade e propriedades hidrofóbicas dos óleos e graxas constitui um fator preocupante no que se refere à sua degradação em unidades de tratamento de despejos por processos biológicos,<sup>19,20</sup> por este motivo a grande correlação entre estes dois parâmetros.

**Tabela 3.** Resultados da caracterização físicas, químicas e microbiológicas da água e seu respectivo desvio padrão apresentando o valor médio dos pontos amostrais

Parâmetro	P1(1)	P2(1)	P3(1)	P4(1)	VMP(2)
Turbidez (NTU)	10,12 ± 1,19A	10,94 ± 2,62A	13,19 ± 4,68A	10,67 ± 0,79A	100
OD (mg L <sup>-1</sup> )	5,48 ± 1,20A	5,81 ± 1,62A	5,91 ± 1,41A	5,92 ± 1,04A	>5,00
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	10,00 ± 0,00A	10,00 ± 0,00A	10,00 ± 0,00A	10,00 ± 0,00A	10,00
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	1,00 ± 0,00A	1,00 ± 0,00A	1,00 ± 0,00A	1,00 ± 0,00A	1,00
Temperatura (°C)	22,83 ± 1,15A	22,50 ± 1,00A	22,83 ± 1,15A	22,50 ± 1,00A	-
DBO5 (mg L <sup>-1</sup> )	<4,00 ± 0,00A	<4,00 ± 0,00A	<4,00 ± 0,00A	<4,00 ± 0,00A	5,0
DQO (mg L <sup>-1</sup> )	25,00 ± 5,00B	25,67 ± 2,31A	24,00 ± 4,58B	45,33 ± 9,29A	-
pH	5,50 ± 0,00A	5,50 ± 0,00A	5,50 ± 0,00A	5,50 ± 0,00A	6 a 9
P (mg L <sup>-1</sup> )	0,11 ± 0,01A,B	0,23 ± 0,12C	0,51 ± 0,07A	0,40 ± 0,11B,C	0,05
<i>E. coli</i> (NMP 100 mL <sup>-1</sup> )	432,07 ± 26,09A	>2419,60 ± 0,00B	>2419,60 ± 0,00B	>2419,60 ± 0,00B	1000
OG (mg L <sup>-1</sup> )	24,33 ± 0,58A	24,00 ± 5,29B	28,33 ± 2,52B	46,33 ± 9,07B	Ausente
Fe (mg L <sup>-1</sup> )	0,90 ± 0,19A	0,93 ± 0,21A	1,29 ± 0,19A	0,86 ± 0,42A	0,30

(1) Médias e desvios padrão em triplicatas. Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ao nível de 5 % de significância pelo Teste de Tukey

(2) Valor Máximo Permitido pela resolução Conama n° 357/2005

**Tabela 4.** Correlação estatística referente as análises físicas, químicas e microbiológicas da água do Rio dos Índios de acordo com os pontos de amostragem

Parâmetro	DQO	P	Turbidez	Temperatura	OG	OD	Fe	E. coli
DQO	-----	0,2398	0,3409	- 0,4719	0,4542	0,1616	- 0,5834	- 0,7566
P	0,2398	-----	0,2350	- 0,1378	0,5166	0,0807	0,2982	- 0,2671
Turbidez	0,3409	0,2350	-----	0,0152	0,1856	- 0,0419	- 0,2517	- 0,1560
Temperatura	- 0,4719	- 0,1378	0,0152	-----	- 0,0497	- 0,7939	0,1603	0,0501
OG	0,4542	0,5166	0,1856	- 0,0497	-----	0,0280	0,0735	- 0,7631
OD	0,1616	0,0807	- 0,0419	- 0,7939	0,0280	-----	- 0,0349	0,0367
Fe	- 0,5834	0,2982	- 0,2517	0,1603	0,0735	- 0,0349	-----	0,3120
<i>E. coli</i>	- 0,7566	- 0,2671	- 0,1560	0,0501	- 0,7631	0,0367	0,3120	-----

\*Correlações de Spearman significativas ao nível de  $p < 0,05$



### 3.1. Turbidez

O aumento na turbidez da água ocorre, principalmente, devido a presença de sólidos em suspensão, algas, plâncton, matéria orgânica e algumas substâncias inorgânicas resultantes do processo natural de erosão ou resíduos domésticos e industriais. A importância desse parâmetro consiste na sua relevância como indicador sanitário.<sup>21</sup>

A partir da análise de dados (Tabela 4), percebe-se que os valores de turbidez não apresentaram diferença significativa pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. De acordo com a Tabela 3, observa-se, em todos os pontos amostrais, valores bastante semelhantes para o parâmetro turbidez. Nesta análise, o ponto amostral P3 indica aumento na variação do valor médio de turbidez e do desvio padrão, decorrente, provavelmente, de erro de leitura no equipamento de medição, não interferindo na qualidade da água neste ponto amostral.

### 3.2. Nitrato e nitrito

A respeito dos valores obtidos para os ensaios de nitrato e nitrito, ambas as análises atendem ao limite estabelecido pela Resolução Conama 357/2005.<sup>10</sup> Carvalho e Siqueira,<sup>22</sup> avaliaram a qualidade da água no perímetro urbano de Goiânia e evidenciaram valores de nitrato na faixa de 0,59 a 0,86 mg L<sup>-1</sup> e a faixa de 0,02 a 0,11 mg L<sup>-1</sup> para o parâmetro nitrito. Os valores obtidos neste trabalho são inferiores comparativamente a deste estudo.

Neste sentido, evidencia-se o fato do nitrogênio ser um nutriente presente em diferentes tipos de águas residuárias como por exemplo: chorume, efluentes industriais e esgotamento sanitário,<sup>23</sup> sendo essas as maiores influências no corpo hídrico em questão. Torres *et al.*<sup>24</sup> reportam a presença de derivados do nitrogênio na água como um indicativo da influência direta da poluição orgânica nos processos biológicos ativos, sugerindo que altas concentrações impactam

em danos fisiológicos bem como na mortalidade em organismos aquáticos.

### 3.3. DBO<sub>5</sub>, DQO e OD

A DBO<sub>5</sub> e a DQO podem ser referenciadas, de forma indireta, como sendo o teor de matéria orgânica nos esgotos ou no corpo d'água, sendo, portanto, uma indicação do potencial do consumo de oxigênio. Sua origem está relacionada a descarga de efluentes domésticos e industriais, além de matéria orgânica vegetal e animal e microrganismos.<sup>25</sup>

As relações DQO/DBO<sub>5</sub> encontradas neste estudo foram: 6,25 em P1; 6,41 em P2; 6,00 para P3; e 11,33 para P4. Tais relações em todos os pontos são bastante elevadas (> 4,0), indicando que há predominância de fração não biodegradável no corpo hídrico. A análise de dados no ponto amostral P4 (Tabela 3) aponta presença de quantidade significativa de matéria orgânica não degradável quimicamente, indicando que o corpo hídrico não apresenta capacidade de degradar toda a carga de poluição afluente.

Pereira *et al.*<sup>26</sup> avaliaram o desempenho de uma ETE que lança o efluente tratado em um corpo hídrico de São Paulo, encontrando valores de DQO que variaram entre 63 e 190 mg L<sup>-1</sup>. Thebaldi *et al.*<sup>5</sup> apresentaram em seu trabalho o efeito do lançamento de efluente de abate de bovinos sobre a qualidade da água do Córrego Jurubatuba, em Anápolis/GO, apresentando valores médios de demanda química de oxigênio (DQO) na faixa de 71,15 a 87,47 mg L<sup>-1</sup>. A DQO não possui um limite determinado pela Resolução CONAMA n° 357/2005. Não obstante, alguns autores adotam um limite de 20 mg L<sup>-1</sup> de DQO como padrão de qualificação para corpos hídricos caracterizados como não poluídos.<sup>27</sup> <sup>28</sup> Neste contexto, a partir dos valores da DQO obtidos nos pontos de amostragem estudados (24,00-45,33 mg L<sup>-1</sup>), o Rio dos Índios pode ser classificado como um corpo hídrico poluído. Deste modo, alguns fatores podem provocar a variação da DQO, como: influência do comportamento hidrológico,

características do lançamento de efluentes domésticos, agrícolas e industriais no rio.<sup>29</sup>

A análise da Tabela 3, indicam valores médios de oxigênio dissolvido em conformidade ao limite mínimo (pH = 6,0) estabelecido na Resolução Conama 357/2005 em todos os pontos amostrais. O oxigênio constitui um dos parâmetros mais utilizados para a avaliação dos ecossistemas aquáticos, fornecendo informações sobre a qualidade e a capacidade de autodepuração da água,<sup>30</sup> sendo, portanto, um sinal de alerta de condições impactadas pelas ações antrópicas das amostras analisadas do Rio dos Índios.

### 3.4. pH

Conforme observado na Tabela 3, o potencial hidrogeniônico (pH) não apresentou variação ao longo dos pontos amostrais (5,5), apresentando-se, portanto, abaixo do limite mínimo (pH = 6,0) estabelecido pela Resolução Conama 357/2005. Os testes estatísticos com o software ANOVA ( $p < 0,05$ ) mostraram que a localização dos pontos de amostragem não exerceu influência nos valores médios de pH.

Os dados indicam não existir uma relação específica do pH com as atividades agroindustriais e domiciliares nos pontos de amostragem estudados no corpo hídrico. Lopes e Magalhães Junior<sup>31</sup> enfatizam que fatores naturais como a dissolução de rochas, fotossíntese e fatores antrópicos tais como esgoto doméstico e industrial podem afetar o pH da água, afetando negativamente o ecossistema aquático.

### 3.5. Fósforo

Os resultados analíticos (Tabela 3) para os quatro pontos amostrais apresentam valores acima do limite permitido pela legislação (máximo de  $0,05 \text{ mg L}^{-1}$ ), provocados por ações antrópicas devido aos efeitos de urbanização e industrialização dos pontos em

estudo. Não obstante, foi observada diferença estatística entre pontos de coleta para a probabilidade ( $p < 0,05$ ). A partir da análise de dados do ponto amostral P2 ( $0,23 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,12$ ), percebe-se aumento na concentração de fósforo.

Ressalta-se, que o elemento fósforo apresentou aumento da concentração nos pontos P3 ( $0,51 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,07$ ) e P4 ( $0,40 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,11$ ), indicando possivelmente a incidência de produtos químicos à base destes compostos na água, em consequência das atividades agroindustriais e urbanização no trecho analisado. Danelon *et al.*<sup>32</sup> avaliaram a presença de fósforo em um córrego na comparência de atividade agrícola, cujas análises apresentaram em sua totalidade valores acima do permitido pela Resolução Conama 357/2005.

### 3.6. Ferro dissolvido

O ferro está presente no corpo hídrico na forma insolúvel ( $\text{Fe}^{3+}$ ), podendo ser proveniente de dissolução de compostos do solo ou despejos industriais. A avaliação da concentração de ferro demonstrou valores acima do limite permitido pela legislação ( $0,30 \text{ mg L}^{-1}$ ) em todos os pontos amostrais (Tabela 3). A análise do valor médio do ponto amostral P3 ( $1,29 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,19$ ), sugere, possivelmente, influência de despejo de efluente proveniente da atividade agroindustrial, já que efluentes que contém sangue devem passar por processos bioquímicos para garantir um tratamento biológico.<sup>33</sup> Entretanto, algumas indústrias de processamento de carne apresentam dificuldades no destino adequado dos resíduos gerados pela atividade, pois em todas as etapas do processamento da carne suína contém sangue constituído de 65 % de ferro orgânico.<sup>34</sup> Contudo, no trecho da área de estudo, destaca-se a presença de empresas que exercem atividade metal-mecânica, têxtil e moveleira sendo um possível indicativo da contribuição do elemento ferro no corpo hídrico.

### 3.7. Ensaio microbiológico

A bactéria *Escherichia coli* é considerada um indicador de contaminação fecal<sup>35</sup>. Na análise microbiológica do Rio dos Índios, observa-se que apenas o ponto de amostragem P1 atende ao valor limite estabelecido pela Resolução Conama 357/2005. Neste contexto, ações antrópicas decorrentes da atividade agrícola, industrial e de urbanização impactam no aumento da contaminação de coliformes (Tabela 3).

Souza *et al.*<sup>36</sup> analisaram os efeitos sobre a qualidade da água no perímetro urbano, coletando amostras em períodos secos e chuvosos. Neste estudo, foi evidenciado incidência considerável de coliformes em áreas urbanizadas, corroborando com os resultados obtidos neste trabalho.

### 3.8. Óleos e graxas

Os resultados analíticos para os quatro pontos amostrais (Tabela 3) indicam a presença de óleos e graxas em todo o trecho de estudo, não atendendo ao disposto na legislação (ausência destes contaminantes). A presença de óleos e graxas está diretamente associada a atividades agroindustriais.<sup>3-5</sup> Os valores apresentados na faixa de 24,00 a 46,33 mg L<sup>-1</sup> nos pontos amostrais estudados podem ser atribuídos a presença de gordura animal (frigoríficos), descarte de efluentes e produtos químicos de oficinas mecânicas, empresas de limpeza automotiva, descarga domiciliar e esgoto doméstico decorrentes da urbanização.

Neste contexto, óleos e graxas são biomoléculas de extensa cadeia carbônica como, por exemplo os ácidos graxos, triglicerídeos e isoprenóides,<sup>37</sup> formando uma película na superfície da água que impede a difusão de oxigênio para as células bacterianas e resultando na morte de microrganismos.<sup>25,38</sup>

## 4. Conclusão

No levantamento dos prováveis agentes poluidores da qualidade da água do Rio dos Índios, constatou-se a interferência de esgoto doméstico proveniente da urbanização, atividade agrícola e efluente industrial, resultante das seguintes atividades: agroindustrial, indústria têxtil, moveleira e comerciais (postos de combustível e mecânicas).

O lançamento de efluente doméstico e procedente da atividade agroindustrial, mostrou grande impacto na presença de *Escherichia Coli*. Portanto, no ponto P1, antes do despejo do efluente e com menor incidência de área urbana, o valor analisado atendeu aos valores estabelecidos pela legislação. Nos demais pontos estudados (P2, P3 e P4), a jusante do despejo e área de intensa urbanização obteve-se valores máximos para o parâmetro, decorrente da urbanização ao longo do corpo hídrico. A mesma justificativa pode ser atribuída aos valores do fósforo.

Além disso, a concentração de óleos e graxas apresentou valores superiores ao permitido. Uma explicação, além do despejo do efluente procedente da atividade agroindustrial e domiciliar, pois apresentou valores altíssimos em todos os pontos, é a presença de postos de combustíveis, localizados a montante do ponto P1.

A concentração de ferro dissolvido pode ser provinda, principalmente, pela erosão do solo.

### Referências Bibliográficas

<sup>1</sup> CEPEA, Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. PIB Agro CEPEA-USP/CNA. Disponível em: <<http://cepea.esalq.usp.br/pib/>>. Acesso em: 07 setembro 2018.

<sup>2</sup> Bustillo-Lecompte, C. F.; Mehrvar, M. Slaughterhouse wastewater characteristics,

- treatment, and management in the meat processing industry: A review on trends and advances. *Journal of Environmental Management* **2015**, *161*, 287. [CrossRef]
- <sup>3</sup> Scarassati, D.; Carvalho, R. F.; Delgado, V. L.; Coneglian, C. M. R.; Brito, N. N.; Tonso, S.; Sobrinho, G. D.; Pelegrini, R.; *III Fórum de Estudos Contábeis*, Rio Claro, Brasil, 2003. [Link]
- <sup>4</sup> Pacheco, J. W.; Yamanaka, H. T.; *Guia técnico ambiental de abates (bovino e suíno)*, São Paulo: CETESB, 2006.
- <sup>5</sup> Thebaldi, M. S.; Sandri, D.; Felisberto, A. B.; Rocha, M. S.; Avelino Neto, S. Qualidade da água de um córrego sob influência de efluente tratado de abate bovino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* **2011**, *15*, 302. [CrossRef]
- <sup>6</sup> Koslowski, L. A. D.; Nogueira, A. L.; Licodiedoff, S.; Comper, A. T.; Folgueras, M. V. Silver nanoparticles impregnated with polyamide-66 to disinfect drinking water. *Revista Ambiente & Água* **2018**, *13*, 1. [CrossRef]
- <sup>7</sup> Borga, T.; Campos, R. F. F.; Ribeiro, O. Análise das políticas públicas e o perfil da atual destinação de efluentes sanitários no interior do município de Caçador/SC. *Revista de Iniciação Científica da Universidade Vale do Rio Verde* **2018**, *8*, 72. [Link]
- <sup>8</sup> Qasim, S. R.; *Wastewater treatment plants: planning, design, and operation*. Routledge: Londres, 2017.
- <sup>9</sup> ANA, Agência Nacional de Águas. Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas. Disponível em: <<http://atlasesgotos.ana.gov.br>>. Acesso em: 07 agosto 2018.
- <sup>10</sup> Brasil, C. Resolução. 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, 357, 2005.
- <sup>11</sup> Guedes, H. A. S.; Silva, D. D.; Elesbon, A. A. A.; Ribeiro, C. B. M.; Matos, A. T.; Soares, J. H. P. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* **2012**, *16*, 558. [CrossRef]
- <sup>12</sup> Franco, R. A. M.; Hernandez, F. B. T. Qualidade da água para irrigação na microbacia do Coqueiro, Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* **2009**, *13*, 772. [CrossRef]
- <sup>13</sup> EPAGRI-CIRAM, Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina. Disponível em: <<http://ciram.epagri.sc.gov.br/>>. Acesso em 15 dezembro 2018.
- <sup>14</sup> Basso, E. R.; Carvalho, S. L. Avaliação da qualidade da água em duas represas e uma lagoa no município de Ilha Solteira (SP). *Holos Environment* **2007**, *7*, 16. [CrossRef]
- <sup>15</sup> ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 9898: preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1987.
- <sup>16</sup> APHA, American Public Health Association. *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 22a. ed., Washington: American Public Health Association, 2012.
- <sup>17</sup> APHA, American public health association; *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21a. ed., American Public Health Association: New York, 2005.
- <sup>18</sup> Silva, T. T.; Espírito Santo, K. S.; Matsumoto, S. T.; Ribeiro, J. Monitoramento da qualidade da água da foz do Rio Santa Maria da Vitória e da Baía de Vitória - ES, por meio de estudos sistemáticos de parâmetros físico-químicos e biológicos. *Revista Virtual de Química* **2018**, *10*, 1373. [CrossRef]
- <sup>19</sup> Tzirita, M; Papanikolaou, S.; Quilty, B. Enhanced fat degradation following the addition of a *Pseudomonas* species to a bioaugmentation product used in grease traps. *Journal of Environmental Sciences* **2019**, *77*, 174. [CrossRef]
- <sup>20</sup> Cammarota, M. C.; Freire, D. M. G. A review on hydrolytic enzymes in the treatment of wastewater with high oil and grease content. *Bioresource technology* **2006**, *97*, 2195. [CrossRef]
- <sup>21</sup> Bueno, G.H.; Melo, C. P. O. F.; Madeira, A. P. C.; Souza, A. G.; Garcia, E. M.; Taroco, H. A.;

- Melo, J. O. F. Seasonal water evaluation of main lagoons in the city of Sete Lagoas-MG. *Revista Virtual de Química* **2018**, *10*, 863. [[CrossRef](#)]
- <sup>22</sup> Carvalho, G. L.; Siqueira, E. Q. Qualidade da água do Rio Meia Ponte no perímetro urbano do município de Goiânia-Goiás. *Revista Eletrônica de Engenharia Civil* **2011**, *1*, 19. [[CrossRef](#)]
- <sup>23</sup> Alves, C. F.; Bortoluci, C. B. C.; Oliveira, E. P.; Pizzo, M. M.; Rodriguez, R. P. Remoção biológica de nitrogênio em águas residuárias. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais* **2018**, *9*. [[Link](#)]
- <sup>24</sup> Torres, I. F. A.; Reis, L. P. G.; Costa, T. A.; Rodrigues, L. S.; Soto-Blanco, B.; Melo, M. M. Avaliação química da qualidade da água do Ribeirão da Mata (MG). *Revista Agrogeoambiental* **2016**, *8*, 69. [[CrossRef](#)]
- <sup>25</sup> Sperling M. V. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*, 4a. ed., Editora UFMG: Belo Horizonte, 2005.
- <sup>26</sup> Pereira, A. A. S.; Macedo, L. R.; Silva, A. M.; Santos, A. A. Avaliação da qualidade da água do Ribeirão São João, em Campo Belo Minas Gerais, sob interferência do efluente tratado do abate de bovinos e suínos. *Natureza on line* **2015**, *13*, 101. [[Link](#)]
- <sup>27</sup> Alves, W. S.; Santos, L. N. S.; Medeiros, V. S.; Aquino, D. S.; Morais, W. A.; Saleh, B. B.; Pereira, V. C.; Moura, D. M. B. Avaliação da qualidade da água e estado trófico do Ribeirão das Abóboras, em Rio Verde - GO, Brasil. *Revista Geociência* **2017**, *36*, 13. [[Link](#)]
- <sup>28</sup> Chapman, D. V. *Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. 1996.
- <sup>29</sup> Vasco, A. N.; Britto, F. B.; Pereira, A. P. S.; Mélo Júnior, A. V.; Garcia, C. A. B.; Nogueira, L. C. Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na sub-bacia do rio Poxim, Sergipe Brasil. *Revista Ambiente & Água* **2011**, *6*, 118. [[CrossRef](#)]
- <sup>30</sup> Amorim, D. G.; Cavalcante, P. R. S.; Soares, L. S.; Amorim, P. E. C. Enquadramento e avaliação do índice de qualidade da água dos igarapés Rabo de Porco e Precuá, localizados na área da Refinaria Premium I, município de Bacabeira (MA). *Engenharia Sanitária e Ambiental* **2017**, *22*, 1. [[CrossRef](#)]
- <sup>31</sup> Lopes, F. W. A.; Magalhães Júnior, A. P. Avaliação da qualidade das águas e condições de balneabilidade na bacia do Ribeirão de Carrancas-MG. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* **2008**, *13*, 111. [[Link](#)]
- <sup>32</sup> Danelon, J. R. B.; Luz Netto, F. M.; Rodrigues, S. C. Análise do nível de fósforo total, nitrogênio amoniacal e cloretos nas águas do Córrego Terra Branca no município de Uberlândia (MG). *Revista Geonorte* **2012**, *1*, 412. [[Link](#)]
- <sup>33</sup> Zanella, C.; Luzzi, D.; Barichello, R. Analysis of the management of liquid effluent treatment generator by the small pig slaughterhouses of Chapecó - SC. *Systems & Management* **2018**, *13*, 10. [[CrossRef](#)]
- <sup>34</sup> Lieu, P. T.; Heiskala, M.; Peterson, P. A.; Yang, Y. The roles of iron in health and disease. *Molecular aspects of medicine* **2001**, *22*, a1. [[CrossRef](#)]
- <sup>35</sup> Kataržytė, M.; Mėžinė, J.; Vaičiūtė, D.; Liaugaudaitė, S.; Mukauskaitė, K.; Umgiesser, G.; Schernewski, G. Fecal contamination in shallow temperate estuarine lagoon: Source of the pollution and environmental factors. *Marine Pollution Bulletin* **2018**, *133*, 762. [[CrossRef](#)]
- <sup>36</sup> Souza, A. V.; Loverde-Oliveira, S.; Alves, G. B. M. Mapeamento dos usos do solo na Área de Proteção Permanente do Rio Vermelho (MT) e seus reflexos sobre a qualidade da água. *Geografia* **2018**, *27*, 67. [[CrossRef](#)]
- <sup>37</sup> Wallace, T.; Gibbons, D.; O'Dwyer, M.; Curran, T. P. International evolution of fat, oil and grease (FOG) waste management – A review. *Journal of Environmental Management* **2017**, *187*, 424. [[CrossRef](#)]
- <sup>38</sup> Kich, M.; Böckel, W. J. Análise de óleos e graxas em efluentes por espectrofotometria. *Estação Científica* **2017**, *7*, 61. [[CrossRef](#)]