

Qualidade da água do rio Paraná em região de balneabilidade: discussão sobre os impactos potenciais do lançamento de efluentes provenientes de tratamento secundário

Water quality of the Paraná river in a bathing resort region: a discussion on the potential impacts of secondary treated wastewater discharge

Natasha Ulhiana Ferreira Ribeiro¹ , João Miguel Mercês Bega^{2*} , Karen Tavares Zambrano² , Juliana Heloisa Pinê Américo-Pinheiro³ , Sergio Luis de Carvalho¹

RESUMO

A nascente do rio Paraná passou a ser receptora dos efluentes da estação de tratamento de esgoto de Aparecida do Taboado, Mato Grosso do Sul, em um projeto iniciado em 2013 e concluído em 2020. O emissário localiza-se a montante de um balneário. A pesquisa objetivou monitorar a qualidade da água do rio de agosto de 2019 a fevereiro de 2020, antes do lançamento. Foram utilizados o índice de qualidade das águas da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e seus parâmetros de cálculo. A água do rio apresentou boa qualidade (índice de qualidade das águas ≥ 72) e ausência de *Escherichia coli*. Apesar disso, 57 e 61% das amostras não atenderam à Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA nº 357/05 para demanda bioquímica de oxigênio e fósforo total, respectivamente. O potencial de impactos negativos na qualidade da água está relacionado aos parâmetros demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total e *Escherichia coli*, e o lançamento pode resultar na deterioração da qualidade da água do rio, comprometendo seus usos múltiplos.

Palavras-chave: efluentes domésticos; balneabilidade; usos múltiplos; recursos hídricos.

ABSTRACT

The headwater of the Paraná River became the recipient water body for the Aparecida do Taboado's Wastewater Treatment Plant effluents – Mato Grosso do Sul – in a project started in 2013 and completed in 2020. The emissary is located upstream of a bathing resort. This study aimed to monitor the river water quality before discharge starts, from August 2019 to February 2020. The CETESB Water Quality Index and its calculation parameters were used. The Paraná River presented good water quality (Water Quality Index_{CETESB} ≥ 72) and the absence of *Escherichia coli*. Nevertheless, 57 and 61% of the samples did not meet CONAMA Resolution No. 357/05 for biochemical oxygen demand and total phosphorus, respectively. Potential negative impacts on the water quality are related to the parameters of biochemical oxygen demand, total phosphorus and *Escherichia coli* and the secondary treated wastewater discharge into Paraná River may result in the water quality deterioration, compromising its multiple uses.

Keywords: domestic effluents; bathing; multiple uses; water resources.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável à sobrevivência dos seres vivos e à qualidade da vida humana, pois proporciona múltiplos usos, tais como a des-sedentação animal, a preservação da vida aquática, o consumo humano, a irrigação agrícola, o abastecimento industrial, a produção de energia elétrica e as atividades de lazer e recreação (NOORI *et al.*, 2019). Apesar disso, sua poluição

configura um problema global: a industrialização, a urbanização, a atividade agrícola e o aumento do consumo de bens e serviços resultam em situações de estresse hídrico e ambiental (FALKENMARK, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2019). A esses fatores são somados os impactos decorrentes das ações antrópicas nos sistemas hídricos, como o despejo inadequado de águas residuárias (RIBEIRO *et al.*, 2020; SOUZA *et al.*, 2020). Por consequência, inúmeros ambientes aquáticos

¹Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Departamento de Engenharia Civil de Ilha Solteira - Ilha Solteira (SP), Brasil.

²Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos - São Carlos (SP), Brasil.

³Universidade Brasil - São Paulo (SP), Brasil.

*Autor correspondente: joaomiguelbega@gmail.com

Conflitos de interesse: os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Financiamento: nenhum.

Recebido: 14/05/2021 - Aceito: 02/08/2021 - Reg. ABES: 20210126

em âmbito mundial encontram-se degradados (CARSTENS *et al.*, 2019; KAY *et al.*, 2017; PESSOA *et al.*, 2018). Os rios estão entre os mais prejudicados, com reflexos diretos na perda de serviços ecossistêmicos (SZYMANSKA *et al.*, 2020), definidos como os benefícios diretos e indiretos que as pessoas obtêm dos ecossistemas (fornecimento, suporte, regulação e valores culturais).

No Brasil, apenas 49,1% dos esgotos gerados recebem tratamento antes do lançamento em corpos de água receptores (BRASIL, 2020). A deterioração da qualidade das águas é uma realidade presente em diversas regiões do país, tornando necessário um processo de monitoramento nas bacias hidrográficas (GUEDES *et al.*, 2012). Nesse cenário, as discussões sobre o manejo sustentável e a preservação dos recursos hídricos têm-se tornado frequentes, buscando reduzir os impactos para não comprometer os usos múltiplos atuais e futuros (SOUZA *et al.*, 2012). A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) estabeleceu, por meio da Lei nº 9.433/1997, os objetivos e instrumentos regulatórios e econômicos que norteiam a gestão hídrica brasileira, tendo como base a sustentabilidade dos recursos hídricos (BRASIL, 1997). A classificação das águas superficiais e o enquadramento dos cursos de água em classes de qualidade são exemplos de instrumentos presentes nessa lei.

Muitos estudos vêm sendo realizados com o objetivo de determinar a qualidade das águas superficiais por parâmetros físicos, químicos e biológicos, além da aplicação de índices (BEGA *et al.* 2020; MISAGHI *et al.* 2017; SOUZA *et al.*, 2020; ZAMBRANO *et al.*, 2017). No âmbito nacional, o índice de qualidade das águas (IQA) utilizado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) é uma importante ferramenta de gestão ambiental. A CETESB faz uso do índice com vistas a servir de informação básica de qualidade da água para uso público, assim como para o gerenciamento das 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRH) do Estado de São Paulo (CETESB, 2015). Os parâmetros envolvidos no cálculo refletem a poluição dos cursos de água pelo lançamento de esgotos domésticos. Contudo, como os ambientes aquáticos são sistemas complexos que formam a bacia hidrográfica, sua gestão deve levar em conta toda a bacia, relacionando as variáveis externas (e.g., precipitação e uso e ocupação do solo) com os parâmetros monitorados.

A nascente do rio Paraná, pertencente à bacia hidrográfica do rio Paraná e localizada em Aparecida do Taboado (MS), passou a ser receptora dos efluentes secundários da estação de tratamento de esgotos (ETE) operada pela Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul (Sanesul), em um projeto de ampliação que vem sendo discutido desde 2013 e foi concluído no início de 2020. Antes disso, os efluentes eram lançados no córrego Rondinha, tributário do rio Paraná. O projeto levantou discussões sobre os possíveis impactos ambientais e sociais, uma vez que a região é de balneabilidade e tem importância econômica para os moradores. De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico — ANA (2020), a região hidrográfica do rio Paraná ocupa 10,3% do territorial nacional e é a mais populosa e de maior desenvolvimento econômico do país, contando, assim, com as maiores demandas por recursos hídricos.

A ETE de Aparecida do Taboado possui nível de tratamento secundário, e a eficiência do sistema esteve abaixo do esperado antes das obras de ampliação (SANESUL, 2020a). Essa baixa eficiência pode resultar no comprometimento da capacidade de autodepuração do corpo receptor, especialmente pelo aporte de nutrientes e organismos patogênicos, removidos apenas parcialmente em sistemas de tratamento secundário (VON SPERLING, 2016). Os efluentes geralmente impactam a qualidade da água próximo aos pontos de lançamento, pois

reduzem os níveis de oxigênio dissolvido (OD) e podem afetar negativamente a biodiversidade do local (BEGA *et al.*, 2021; SOUZA *et al.*, 2020; RIBEIRO *et al.*, 2020). Nesse contexto, a presente pesquisa teve por objetivo avaliar a qualidade da água do rio Paraná antes do início do lançamento dos efluentes tratados pelo emissário da ETE, a fim de fornecer uma base documental e subsídios para futuras discussões e avaliações das alterações de qualidade da água do rio Paraná.

METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo

O trabalho foi realizado no município de Aparecida do Taboado, localizado no noroeste do Estado do Mato Grosso do Sul e inserido na bacia hidrográfica do Rio Paraná, sub-bacia do Rio Grande (SANESUL, 2020a). O município ocupa área territorial de 2.751,49 km² e a população estimada é de 26.069 habitantes (IBGE, 2020). As cidades limítrofes são Inocência (MS), Paranaíba (MS), Selvíria (MS), Ilha Solteira (SP), Rubineia (SP) e Carneirinho (MG), que fazem parte da divisa triangular dos Estados de Mato Grosso do Sul, São Paulo e Minas Gerais (SEBRAE, 2016). A região apresenta solos do tipo latossolo vermelho escuro a leste e podzólicos a oeste (SEBRAE, 2016) e temperatura média anual de 23,5°C (BARBOSA, 2016). O clima classifica-se como Aw (sistema de Köppen), semiárido a subúmido/úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno (precipitação média anual: 1.560 mm) (BARBOSA, 2016). Os meses de outubro a março correspondem ao período chuvoso, enquanto o período de estiagem ocorre de abril a setembro (CLIMA FEIS, 2020).

Os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário são prestados pela Sanesul, companhia estadual de abrangência regional que opera em 128 localidades (SANESUL, 2020b). O município possui índice de atendimento de 89,1 e 16,2% para abastecimento de água e esgotamento sanitário, respectivamente (BRASIL, 2020). As áreas que não possuem rede coletora fazem, em geral, a disposição dos efluentes por soluções individuais de fossas sépticas e sumidouros. Do volume de esgotos coletado, 100% são tratados na ETE. Originalmente, os efluentes líquidos passavam por um tratamento preliminar composto de grades, desarenador, calha Parshall e peneira estática, um tratamento primário em um reator *upflow anaerobic sludge blanket* (UASB) e um tratamento secundário em quatro biofiltros aerados submersos (SANESUL, 2020a). O corpo receptor era o córrego Rondinha, tributário do rio Paraná. Em 2013, a empresa solicitou as licenças ambientais para um projeto de ampliação da ETE. O novo sistema prevê um pós-tratamento com decantador secundário e a construção de um emissário para o lançamento dos efluentes no rio Paraná (SANESUL, 2020b). A área a jusante do ponto de lançamento possui empreendimentos turísticos, como o balneário municipal e ranchos utilizados para moradia, locação e lazer. Assim, a alteração preocupa os moradores e tem gerado discussões com o poder público. Em 2018, o projeto foi alvo de uma ação civil pública do Ministério Público Federal (MPF) (Processo nº 5000492-85.2018.4.03.6003), que pedia a suspensão das licenças vigentes e estudos aprofundados dos possíveis impactos (MPF, 2018).

No presente trabalho, foi conduzido o monitoramento da qualidade da água no rio Paraná nos pontos P1, P2, P3 e P4 (Figura 1), antes do início do

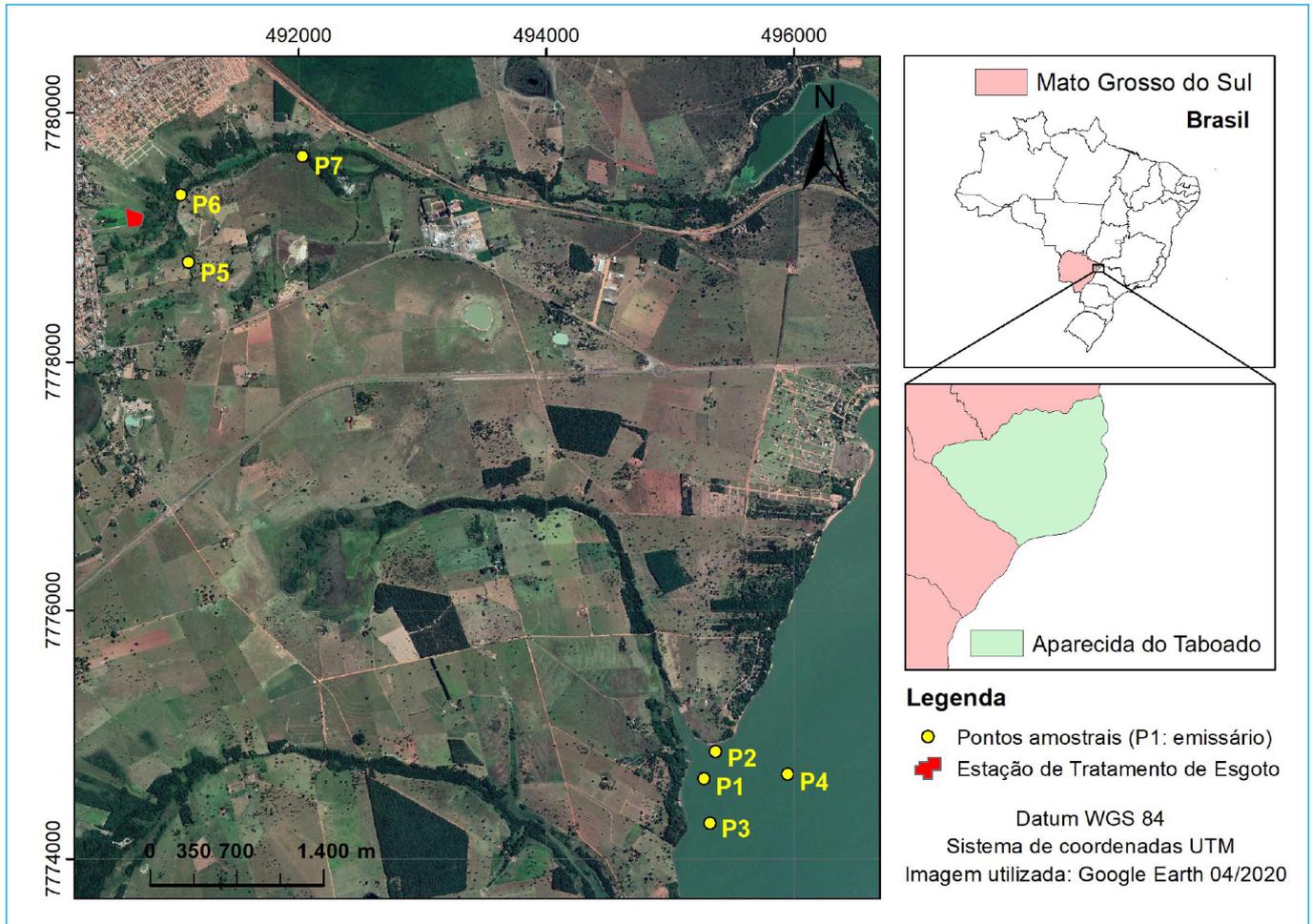


Figura 1 - Pontos amostrais na nascente do rio Paraná e no córrego Rondinha, em Aparecida do Taboado, Mato Grosso do Sul.

lançamento, no período de agosto de 2019 a fevereiro de 2020. Também foi feita uma coleta no córrego Rondinha (pontos P5, P6 e P7, conforme a Figura 1) para a caracterização geral da qualidade da água no mês de junho de 2019, enquanto recebia efluentes da ETE. O projeto de ampliação do sistema de esgotamento sanitário foi concluído em 2020. Os pontos de amostragem P1, P2, P3 e P4 foram selecionados por meio de uma visita *in loco* e norteados pela localização do emissário (P1). Os pontos P2 e P3 foram definidos com base no ponto P1, de forma a possibilitar a avaliação da qualidade da água a montante (P2) e a jusante (P3) do emissário, podendo, futuramente, auxiliar na avaliação dos impactos do lançamento no rio. O ponto P4 foi utilizado como referência para a comparação dos resultados obtidos nos demais pontos. O ponto P2 está próximo a uma área com menor densidade de vegetação ripária em comparação aos pontos P1 e P3. Também foi observada em campo a presença de gado na área de estudo.

A nascente do rio Paraná não possui enquadramento pela Resolução do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do de Mato Grosso do Sul (CERH/MS) nº 52/18 (BRASIL, 2018), responsável pela classificação das águas superficiais das bacias hidrográficas do Estado de Mato Grosso do Sul. Sendo assim, considera-se o enquadramento na Classe 2, dado que a Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) estabelece que a maioria dos rios, em função de seus usos preponderantes, deve ser enquadrada nessa classe.

Índice de qualidade das águas e planejamento amostral

A qualidade da água nos pontos amostrais foi avaliada por meio do IQA_{CETESB} e pelos parâmetros físicos, químicos e biológico empregados no seu cálculo: temperatura, turbidez, sólidos totais (ST), pH, OD, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total (PT), nitrogênio total (NT) e coliformes termotolerantes (*E. coli*). As análises laboratoriais (Tabela 1) foram realizadas conforme o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2017).

Cada parâmetro possui um peso (w), fixado de acordo com sua importância para a qualidade da água: OD (0,17), *E. coli* (0,15), pH (0,12), DBO (0,10), PT (0,10), NT (0,10), temperatura (0,10), turbidez (0,08) e ST (0,08). Além do peso (w), um valor de qualidade (q) foi obtido das curvas de variação de qualidade (CETESB, 2018). Por fim, o IQA_{CETESB} (Equação 1) foi calculado utilizando-se a planilha eletrônica Excel desenvolvida por Von Sperling (2014). A classificação da qualidade da água de cada amostra foi feita conforme o estabelecido pela CETESB: ótima (80 – 100), boa (52 – 79), regular (37 – 51), ruim (20 – 36) e péssima (0 – 19) (CETESB, 2018).

$$IQA_{CETESB} = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (1)$$

Em que:

q_i : qualidade do i -ésimo parâmetro (entre 0 e 100);

w_i : peso correspondente ao i -ésimo parâmetro (entre 0 e 1).

Tabela 1 – Métodos e equipamentos utilizados nas análises dos parâmetros do índice de qualidade das águas da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.

Parâmetro	Unidade	Método	Precisão	Equipamento
pH	-	Eletrométrico	0,01	Sonda multiparâmetros Horiba®
Temperatura	°C	Eletrométrico	0,1	
OD	mg.L ⁻¹	Eletrométrico	0,1	
Turbidez	NTU	Nefelométrico	0,01	Turbidímetro Hach 2100AN
DBO	mg.L ⁻¹	Método de Winkler modificado – Teste de DBO _{5,20}	0,1	Incubadora OxiTop DBO
NT	mg L ⁻¹	Hach 10071	0,1/1,0	COD Reactor Hach/Espectrofotômetro Hach DR/2000
PT	mg L ⁻¹	Colorimétrico – Digestão com persulfato	0,01	Espectrofotômetro FEMTP 600S/COD Reactor Hach
<i>E. coli</i>	NMP/100 mL	Placas Petrifilm 3M – Contagem de <i>E. coli</i>	100 coliformes/100 mL	Placas Petrifilm 3M/Estufa de cultura
ST	mg L ⁻¹	Gravimétrico	1,0	Estufa Marconi/Dessecador Pyrex 200mm.Mufla

OD: oxigênio dissolvido; DBO: demanda bioquímica de oxigênio; NT: nitrogênio total; PT: fósforo total; *E. coli*: coliformes termotolerantes ST: sólidos totais.

Coleta das amostras e período e frequência de amostragem

As atividades de coleta, transporte e armazenamento das amostras foram realizadas conforme o *Guia nacional de coleta e preservação de amostras — água, sedimentos, comunidades aquáticas e efluentes líquidos* (CETESB, 2011). Foram utilizadas garrafas de polietileno de 1 L para a coleta das amostras superficiais de água, que foram armazenadas e transportadas em caixa térmica para o laboratório. Os parâmetros medidos *in loco* foram temperatura, pH e OD, por meio da sonda multiparâmetros. As amostras foram coletadas uma vez ao mês no período da manhã (entre 10h40 e 11h30). O monitoramento teve início em agosto de 2019 e término em fevereiro de 2020, totalizando sete coletas.

Forma de análise dos resultados

Os dados obtidos foram analisados de forma descritiva pelo cálculo das médias, mínimos, máximos e desvio padrão. Foram elaborados gráficos e tabelas que facilitaram a visualização e a interpretação dos resultados. Além disso, foi realizada uma análise de conformidade dos parâmetros com a Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005). Empregaram-se também gráficos do tipo *boxplot* para a análise visual da dispersão do conjunto de dados obtidos para cada variável. As análises estatísticas foram realizadas no Microsoft Excel 2019 e no *software* OriginPro2019.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores obtidos para os parâmetros do IQA_{CETESB} nos pontos amostrados no córrego Rondinha, em sua maioria, estiveram em desconformidade com a Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) para um curso de água Classe 2 (Tabela 2). Pode-se inferir que a eficiência de tratamento da ETE não foi suficiente para a manutenção da qualidade das águas do córrego no enquadramento da Classe 2, provavelmente por conta das características hidrodinâmicas do ambiente (pequena vazão e baixa velocidade de corrente). Para a comparação dos resultados com a legislação, utilizou-se o cenário mais restritivo (ambientes léticos). Vale ressaltar que a análise pontual realizada no córrego Rondinha não permite concluir sobre o efeito da ETE em suas águas e foi feita para fins de reconhecimento e caracterização geral do ambiente. Contudo, um diagnóstico realizado pela Sanesul (2020a) demonstrou eficiência de tratamento de apenas

48% (eram esperados 85%) e levantou a hipótese de a ETE ter contribuído para a deterioração da qualidade do corpo receptor.

A qualidade da água do córrego Rondinha expõe a situação da poluição dos recursos hídricos como resultado da falta ou ineficiência dos sistemas de esgotamento sanitário no Brasil. Diversos estudos avaliaram a qualidade da água de ambientes aquáticos superficiais sujeitos a interferências antrópicas e demonstraram os impactos do lançamento de efluentes fora dos padrões de qualidade, especialmente os que não passam por processos de tratamento (BEGA *et al.*, 2020; BEGA *et al.*, 2021; LAUVERS *et al.*, 2019; MORAES *et al.*, 2021; ZAMBRANO *et al.*, 2017). Tal cenário gera impactos diretos na qualidade de vida da população e representa um risco à saúde pública. A ETE, apesar de contribuir para a redução da carga poluidora e ser fundamental para o controle da qualidade ambiental, precisa ser monitorada quanto à eficiência de seu tratamento.

Os valores encontrados nos pontos de coleta do rio Paraná para os parâmetros físicos analisados são apresentados na Figura 2. A temperatura da água esteve entre 23,57 e 29,41°C (média: 27,74±2,12°C) no ponto P1; entre 23,68 e 29,36°C (27,59±1,98°C) no ponto P2; entre 23,53 e 29,79 °C (27,76±2,17°C) no ponto P3; e entre 23,53 e 29,57°C (27,84±2,23°C) no ponto P4 (Figura 2A). Foi observado aumento na temperatura da água ao longo do período de monitoramento. O mês de agosto apresentou temperaturas consideradas *outliers* no conjunto de dados, explicadas pela baixa temperatura mínima do ar no dia de coleta (17°C) (CLIMA FEIS, 2020), porém nenhuma relação foi encontrada com as temperaturas médias do ar mensais (CLIMA FEIS, 2020). Isso diverge dos resultados obtidos por Menezes *et al.* (2016) para um rio urbano localizado em Lavras (MG). Os valores aumentaram na estação chuvosa.

A turbidez variou de 0,22 a 3,73 NTU (média: 1,43±1,55 NTU), de 0,28 a 3,79 NTU (1,43±1,57 NTU), de 0,27 a 3,80 NTU (1,46±1,56 NTU) e de 0,23 a 3,83 NTU (1,39±1,60 NTU) nos pontos P1, P2, P3 e P4, respectivamente (Figura 2B). Os resultados de todas as amostras estiveram em conformidade com o valor máximo permitido (VMP) de 100 NTU, estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357 para a Classe 2 (BRASIL, 2005). Foi verificado um comportamento similar nos pontos amostrais, com os maiores valores em janeiro e fevereiro, meses de altas precipitações mensais (CLIMA FEIS, 2020). Os baixos valores obtidos no período de monitoramento são característicos de um ambiente preservado. Os sólidos suspensos presentes são, provavelmente,

Tabela 2 - Resultados encontrados para os parâmetros de qualidade da água monitorados no córrego Rondinha em Aparecida do Taboado, Mato Grosso do Sul (data: jun. 2019).

Parâmetro	Unidade	VMP	P5 (20°05'17" Sul 51°05'05" Oeste)	P6 (20°04'55" Sul 51°05'09" Oeste)	P7 (20°04'41" Sul 51°04'32" Oeste)
OD	mg.L ⁻¹	≥5	0,00	1,88	0,00
<i>E. coli</i>	NMP/100 mL	1x10 ³	1x10 ⁵	16x10 ⁵	0,00
pH	-	6,0 - 9,0	6,18	7,41	7,22
DBO	mg.L ⁻¹	5	72,94	121,61	93,25
PT	mg.L ⁻¹	0,03*	0,4	1,33	1,35
NT	mg.L ⁻¹	1,27**	0,01	0,07	0,04
Temperatura	(°C)	-	19,88	22,66	18,38
Turbidez	NTU	100	110	139	16
ST	mg.L ⁻¹	500	498	818	5
IQA _{CETESB}	-	-	14 (péssima)	16 (péssima)	28 (ruim)

VMP: valor máximo permitido; OD: oxigênio dissolvido; *E. coli*: coliformes termotolerantes; NMP: número mais provável; DBO: demanda bioquímica de oxigênio; PT: fósforo total; NT: nitrogênio total; NTU: *nephelometric turbidity units*; ST: sólidos totais.

*Valor estabelecido para águas doces Classe 2, para ambientes lênticos.

**Valor estabelecido para águas doces Classe 2, para ambientes lênticos.

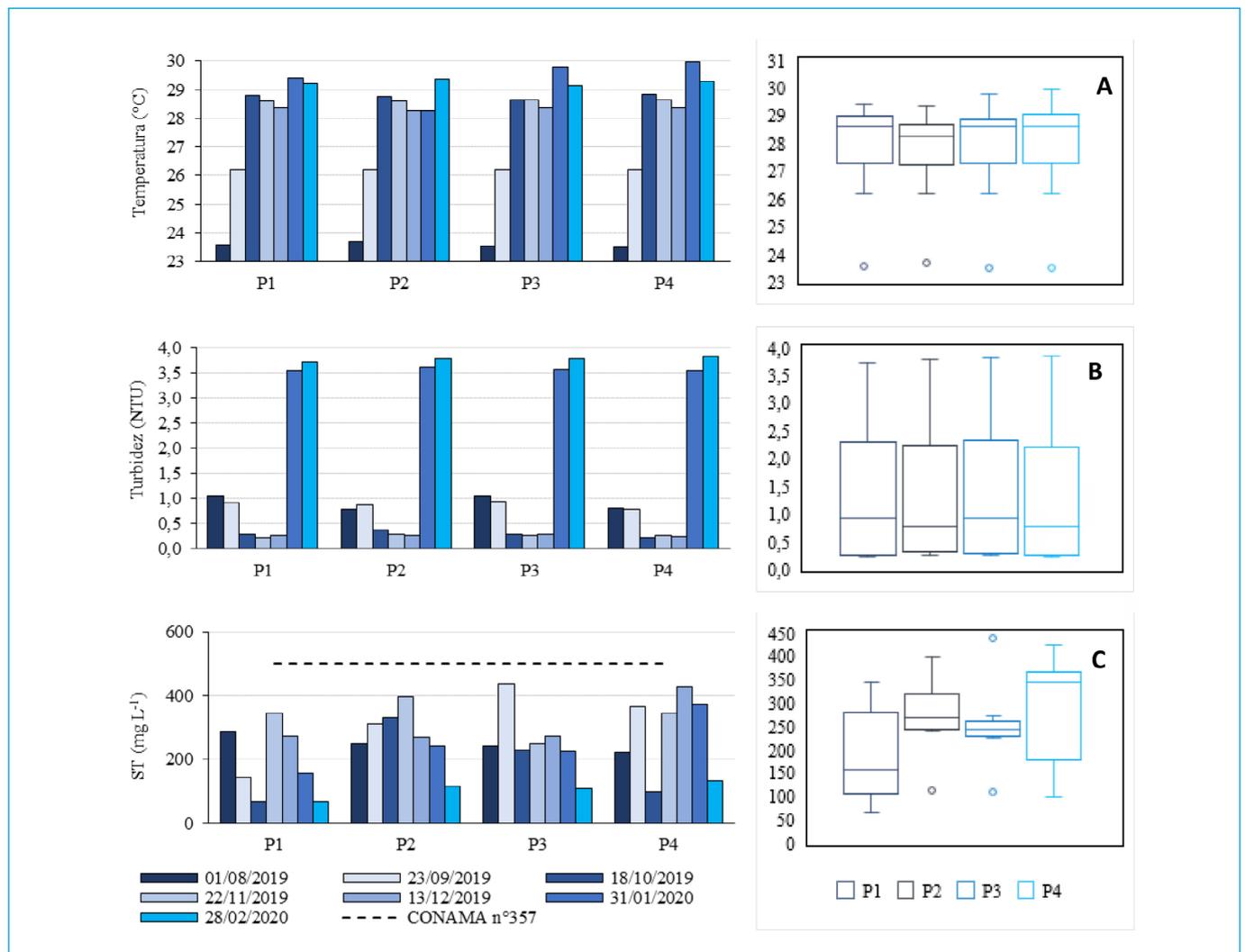


Figura 2 - Variações temporal e espacial dos valores de (A) temperatura, (B) turbidez e (C) sólidos totais nas amostras de água analisadas na nascente do rio Paraná, em Aparecida do Taboado, Mato Grosso do Sul. Os *boxplots* apresentam valores de mediana, quartis 25 e 75%, além de mínimos, máximos e *outliers*.

de origem natural, compostos de partículas inorgânicas (rocha, argila e silte) e detritos orgânicos (algas) (RIBEIRO *et al.*, 2020).

Um fenômeno preponderante para a existência de sólidos no curso de água é a erosão, vinculada, entre outros fatores, às mudanças no uso e ocupação do solo na bacia e à degradação das matas ciliares (KUJANOVÁ *et al.*, 2018; MELLO *et al.*, 2018). As concentrações de ST nas águas do rio Paraná nos pontos P1, P2, P3 e P4 oscilaram de 66 a 344 mg L⁻¹ (média: 190±111 mg.L⁻¹), de 114 a 398 mg L⁻¹ (273±89 mg.L⁻¹), de 110 a 438 mg.L⁻¹ (253±97 mg.L⁻¹) e de 98 a 426 mg.L⁻¹ (280±129 mg.L⁻¹), respectivamente (Figura 2C). Todos os valores obtidos para os ST atenderam ao estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), comparados ao VMP para sólidos suspensos totais. As maiores concentrações foram obtidas no período de estiagem. Os dois *outliers* inferiores encontrados nos pontos P2 e P3 ocorreram em dezembro (estação chuvosa). Para os ST, a precipitação teve efeito diluidor, possivelmente pela existência de mata ciliar preservada que reduziu o aporte de sedimentos para o curso de água. A turbidez e os ST apresentaram comportamento distinto em relação à precipitação.

Os valores obtidos nos pontos de coleta do rio Paraná para os parâmetros químicos monitorados são apresentados na Figura 3. O pH esteve entre 5,56 e 7,20 (média: 6,34±0,57) no ponto P1; entre 5,80 e 6,86 (6,31±0,36) no ponto P2; entre 5,63 e 6,88 (6,40±0,53) no ponto P3; e entre 5,66 e 6,74 (6,12±0,47) no ponto P4 (Figura 3A). Conforme a Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), o pH deve estar entre 6,0 e 9,0. Libânio (2010) recomenda valores entre 6,0 e 8,5 para a manutenção da vida aquática em águas naturais de superfície. Em todos os pontos amostrais, foram encontrados valores que não atenderam ao limite inferior de 6,0, fator que pode estar relacionado a causas naturais (FUNASA, 2014). Verificou-se que o pH diminuiu com o aumento da precipitação e da temperatura da água, como também relataram Silva *et al.* (2018) no rio Cachoeira, em Salinópolis (PA).

A concentração de OD nos ambientes aquáticos varia de acordo com a pressão atmosférica (altitude) e com a temperatura do meio e é influenciada pela presença de matéria orgânica, a qual em grande quantidade promove o aumento de microrganismos decompositores e maximiza o consumo de oxigênio (BANERJEE *et al.*, 2018). Suas concentrações na nascente do rio Paraná variaram de 4,86 a 7,50 mg.L⁻¹ (média: 6,23±0,92 mg.L⁻¹), de 4,66 a 7,70 mg.L⁻¹ (6,45±1,17 mg.L⁻¹), de 5,07 a 6,92 mg.L⁻¹ (6,22±0,71 mg.L⁻¹) e de 4,86 a 7,30 mg.L⁻¹ (6,23±0,94 mg.L⁻¹) nos pontos P1, P2, P3 e P4, respectivamente (Figura 3B). No mês de dezembro, os valores obtidos nos pontos P1, P2 e P4 não atenderam ao limite inferior de 5 mg.L⁻¹ estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005). As menores concentrações ocorreram no período chuvoso, possivelmente em decorrência dos processos de transporte de materiais dissolvidos e particulados que ocorrem na bacia e no ambiente aquático durante eventos de precipitação.

Os teores de DBO variaram de 0,00 a 8,12 mg.L⁻¹ (média: 3,18±3,48 mg.L⁻¹), de 0,00 a 20,28 mg.L⁻¹ (7,89±6,11 mg.L⁻¹), de 0,00 a 8,12 mg.L⁻¹ (4,34±2,47 mg.L⁻¹) e de 0,00 a 16,21 mg.L⁻¹ (7,39±5,47 mg.L⁻¹) nos pontos P1, P2, P3 e P4, respectivamente (Figura 3C). Os meses que apresentaram menores concentrações de OD corresponderam, em sua maioria, aos de maiores teores de DBO, demonstrando que o aumento de matéria orgânica biodegradável implica a diminuição do OD na água (MEDEIROS *et al.*, 2016). No mês de agosto foram obtidos teores nulos de DBO nos quatro pontos amostrais. Dos valores de DBO, 57% apresentaram desconformidade com a Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) para a Classe 2 (≤5 mg.L⁻¹), especialmente no ponto P2 (86%). Isso pode

ter ocorrido por conta da menor densidade de vegetação no ponto P2 em relação aos pontos P1 e P3, além da maior declividade do terreno, que contribuiu para o carreamento de fontes de matéria orgânica depositadas na bacia (e.g., fezes de gado). Durante a realização desta pesquisa, não ocorreram lançamentos de efluentes no rio; ainda assim, inúmeras amostras apresentaram desconformidade com a legislação.

Nos pontos amostrais P1, P2, P3 e P4, as concentrações de NT oscilaram de 0,00 a 0,40 mg.L⁻¹ (média: 0,15±0,15 mg.L⁻¹), de 0,00 a 0,30 mg.L⁻¹ (0,11±0,11 mg.L⁻¹), de 0,00 a 0,60 mg.L⁻¹ (0,27±0,23 mg.L⁻¹) e de 0,00 a 1,20 mg.L⁻¹ (0,36±0,44 mg.L⁻¹), respectivamente (Figura 3D). Todos os valores atenderam ao VMP de 2,18 mg L⁻¹ (BRASIL, 2005), especificado na situação de ser o fator limitante para a eutrofização. Medeiros *et al.* (2018) encontraram, em um rio de uma bacia agrícola, concentrações médias de NT de até 0,027 mg.L⁻¹ no período de estiagem e de 0,022 mg.L⁻¹ no período chuvoso, menores que as obtidas neste trabalho.

O fósforo é considerado um dos melhores indicadores de nutrientes em qualquer ecossistema e o principal fator limitante da produtividade primária dos ambientes aquáticos tropicais (DU *et al.*, 2018). No rio Paraná, as concentrações de PT estiveram entre 0,01 e 0,12 mg.L⁻¹ (média: 0,06±0,05 mg.L⁻¹), entre 0,02 e 0,11 mg.L⁻¹ (0,06±0,03 mg.L⁻¹), entre 0,01 e 0,09 mg.L⁻¹ (0,05±0,03 mg.L⁻¹) e entre 0,02 e 0,10 mg.L⁻¹ (0,05±0,03 mg.L⁻¹) nos pontos P1, P2, P3 e P4, respectivamente (Figura 3E). De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária — EMBRAPA (2002), as águas naturais que não foram submetidas a processos de poluição apresentam PT entre 0,005 e 0,020 mg.L⁻¹. As concentrações obtidas são maiores que essa faixa. Quanto à Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), 61% das amostras apresentaram desconformidade. O valor máximo encontrado foi de 0,12 mg L⁻¹, portanto entende-se que as maiores concentrações estejam relacionadas a fontes naturais de fósforo (e.g., decomposição da vegetação do entorno) (RIBEIRO *et al.*, 2020). As menores concentrações foram obtidas no período chuvoso (efeito diluidor). As águas drenadas em áreas urbanas e outras fontes antrópicas (e.g., lançamento de efluentes sanitários) podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais (FREITAS, 2000). No presente estudo não houve essa influência, pois a nascente do rio Paraná possui mata ciliar preservada e não foram identificadas fontes pontuais de poluição.

O lançamento de efluentes pode ser considerado a principal causa de introdução excessiva de nutrientes nos cursos de água (KALMYKOVA *et al.*, 2012). Considerando-se os resultados obtidos para os nutrientes no rio Paraná, a preocupação da sociedade quanto aos impactos potenciais do lançamento da ETE é válida, sobretudo por ser uma região de balneabilidade e fonte de renda para inúmeras famílias. O despejo da ETE de Aparecida do Taboado, tratado por tecnologias de nível secundário, pode causar elevação significativa nas concentrações de nutrientes (NT e PT). O tratamento terciário possui maior eficiência na remoção de contaminantes específicos (nutrientes e patógenos), mas não foi contemplado no projeto da Sanesul.

O único parâmetro biológico envolvido no cálculo do IQA_{CETESB} são os coliformes termotolerantes, apresentados na pesquisa como *E. coli*. A presença de *E. coli* na água é um indicador de patógenos entéricos (SKRABER *et al.*, 2004) e pode refletir, entre outros fatores, o descarte de águas residuárias (MITCH *et al.*, 2010). Os valores observados foram todos nulos, estando de acordo com os padrões de balneabilidade estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 274 (BRASIL, 2000). Ressalta-se que, na região, de estudo o rio é utilizado para

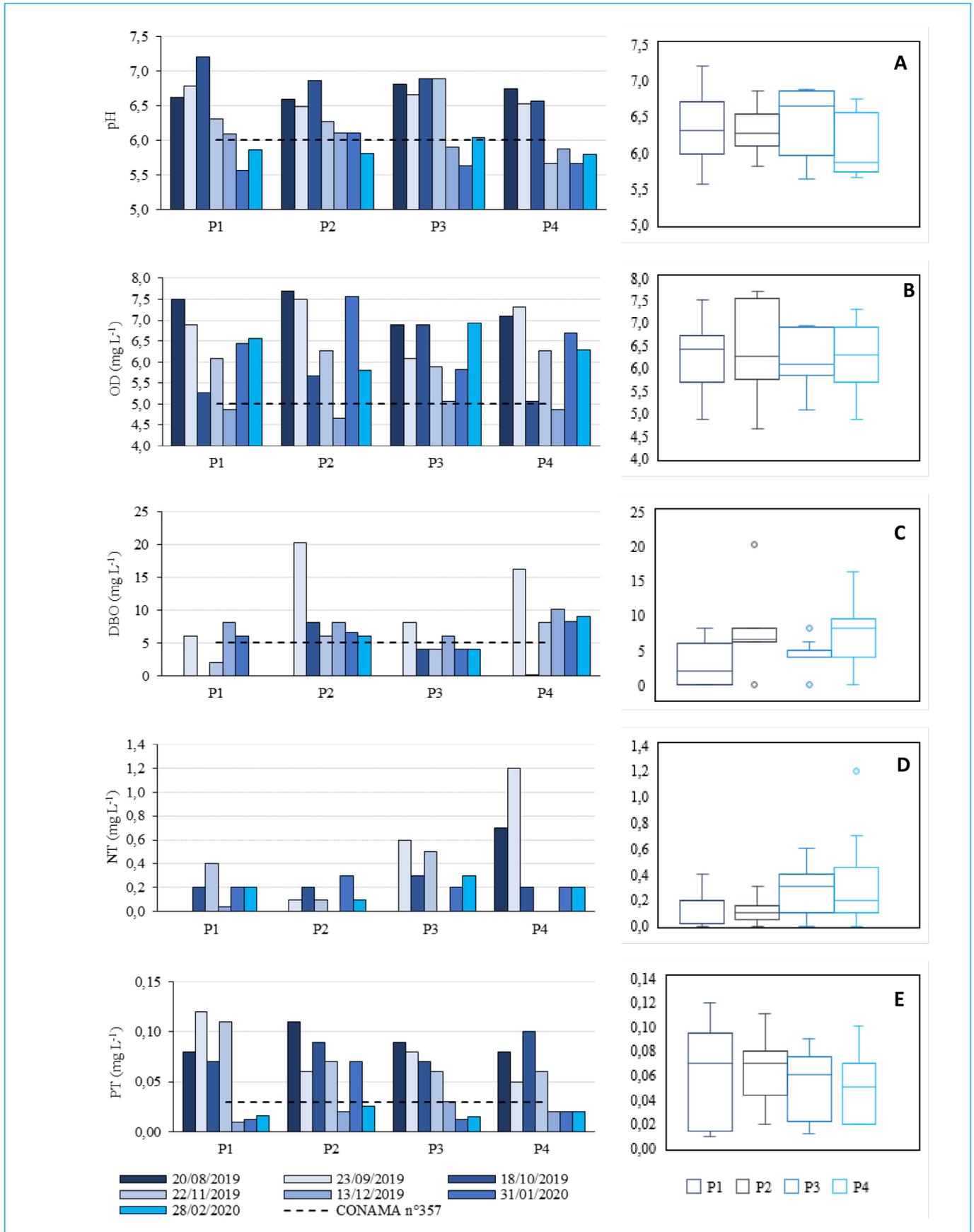


Figura 3 - Variações temporal e espacial dos valores de (A) pH; (B) oxigênio dissolvido; (C) demanda bioquímica de oxigênio; (D) nitrogênio total e (E) fósforo total nas amostras de água analisadas na nascente do rio Paraná, em Aparecida do Taboado, Mato Grosso do Sul. Os *boxplots* apresentam valores de mediana, quartis 25 e 75%, além de mínimos, máximos e *outliers*.

Tabela 3 - Resultados do índice de qualidade das águas da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo nos pontos amostrais P1, P2, P3 e P4 na nascente do rio Paraná, em Aparecida do Taboado, Mato Grosso do Sul.

Pontos amostrais	Coordenadas	2019					2020	
		Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro
P1	20°07'26" S 51°02'47" O	90 (O)	89 (O)	91 (O)	84 (O)	82 (O)	84 (O)	89 (O)
P2	20°07'49" S 51°02'46" O	90 (O)	72 (B)	86 (O)	84 (O)	81 (O)	87 (O)	85 (O)
P3	20°07'24" S 51°02'44" O	90 (O)	83 (O)	88 (O)	86 (O)	84 (O)	80 (O)	86 (O)
P4	20°07'36" S 51°02'18" O	91 (O)	74 (B)	88 (O)	81 (O)	78 (B)	81 (O)	85 (O)

O: Ótima; B: Boa.

lazer e os ranchos são locados com frequência para turistas. A inexistência de *E. coli* na água é importante para as atividades de recreação de contato primário. No entanto, o lançamento de efluentes oriundos de tratamento secundário pode resultar na presença de *E. coli* nas proximidades do emissário.

Após a análise de todos os parâmetros, foi possível estabelecer a classificação do IQA_{CETESB} (Tabela 3). A qualidade da água esteve, em sua maioria (89%), ótima na nascente do rio Paraná entre os meses de agosto de 2019 e fevereiro de 2020. Apesar de o IQA_{CETESB} indicar que a qualidade da água do rio está entre boa e ótima, é importante destacar que alguns usos são mais restritivos (contato primário) e exigem o atendimento do VMP dos parâmetros relevantes para o uso. Os resultados mostram que o potencial de impactos negativos na qualidade da água está principalmente relacionado aos parâmetros DBO e PT, que já apresentaram desconformidade com os padrões de Classe 2 em algumas análises antes do início dos lançamentos pela ETE, além dos *E. coli*, que são importantes para o uso da água pelos banhistas.

Informações divulgadas por Sanchez (2019) demonstram a preocupação da população local e de cidadãos do noroeste paulista com a possibilidade de lançamento de efluentes tratados na área dos balneários. Os protestos realizados pela comunidade tiveram como objetivos a mudança da localização do emissário, a instalação de tratamento terciário e a garantia de que o rio Paraná não seria poluído. Além do balneário, a água do rio também é utilizada para as atividades de piscicultura e turismo de pesca. De sua parte, a gerência da Sanesul sempre afirmou que o lançamento seria feito em conformidade com os padrões da legislação ambiental. Entretanto, a ação civil pública movida pelo MPF em 2018 exigia a elaboração de Relatório Ambiental Preliminar (RAP), Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), além da expedição de novas licenças ambientais (MPF, 2018). De fato, o Plano de Mitigação e Gestão dos Impactos Sociais elaborado em 2016 para Aparecida do Taboado (MS), divulgado no material da Consulta e Audiência Pública 01/2020 para a Parceria Público-Privada de Esgotamento Sanitário (SANESUL, 2020c), não traz essa discussão, apesar de destacar que os usos da água podem ser eventualmente afetados por impactos excepcionais da operação da ETE.

Em resposta aos pontos controvertidos fixados pelo MPF na ação civil pública (MPF, 2018), o Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL) solicitou à Sanesul um estudo de dispersão do esgoto sanitário no rio Paraná e um plano de automonitoramento que contemplasse três pontos a jusante e três a montante do lançamento. Com base nos estudos, houve alteração

do ponto de lançamento do emissário, e a tubulação encontra-se atualmente submersa à distância de 266,7 m. O estudo demonstrou que essa configuração traz segurança à balneabilidade dos usuários a jusante, pois à distância de 119 a 249 m da margem o lançamento estará praticamente diluído. No entanto, reforçou-se que os impactos concretos só poderão ser determinados após o funcionamento do sistema.

O plano de automonitoramento apresentado pela Sanesul contempla os três pontos a montante e três pontos a jusante do local de lançamento, distantes 50, 150 e 300 m dele (SANESUL, 2020d). Além disso, o afluente e o efluente da ETE serão monitorados mensalmente e haverá o acompanhamento horário dos parâmetros temperatura, pH, sólidos sedimentáveis e vazão, destinado ao controle operacional da unidade, permitindo intervenções rápidas para a manutenção do desempenho do tratamento. No plano constam, também, os resultados obtidos para alguns parâmetros avaliados em amostras superficiais de água coletadas nos seis pontos de amostragem supracitados antes do início da operação do emissário. Todavia, a qualidade da água apresenta variação espacial, temporal e sazonal como resultado das diferentes condições climáticas e hidrológicas (e.g., precipitação e temperatura) (ver Figuras 2 e 3 e Tabela 3). No presente trabalho, alguns parâmetros apresentaram desconformidade com a Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) apenas em alguns meses, como, por exemplo, pH, OD, DBO e PT. Sendo assim, os impactos no rio Paraná podem ocorrer em momentos específicos, afetando negativamente a economia e a paisagem locais.

CONCLUSÕES

Os efluentes domésticos do município de Aparecida do Taboado (MS) passaram a ser lançados no rio Paraná após tratamento secundário, em uma área localizada a montante de balneários. O diagnóstico da qualidade da água foi realizado antes do início do lançamento, com o objetivo de subsidiar e nortear futuras discussões sobre o tema. No período de agosto de 2019 a fevereiro de 2020, verificou-se que a qualidade da água esteve entre boa e ótima. Contudo, os parâmetros DBO e PT apresentaram desconformidade com os padrões de Classe 2 em algumas análises, além dos *E. coli*, importantes para o uso da água pelos banhistas. O lançamento de efluentes tratados no rio Paraná, se causar deterioração da qualidade da água pelo aumento das concentrações de DBO, PT e coliformes, pode prejudicar a economia e a paisagem locais, afetando as

atividades de piscicultura, turismo de pesca e recreação. Uma análise realizada no córrego Rondinha, quando ele ainda era o receptor dos efluentes da ETE, demonstrou que a qualidade da água esteve entre péssima e ruim. Isso ressalta que os possíveis impactos negativos relativos aos usos múltiplos das águas do rio Paraná precisariam ter sido avaliados de forma mais aprofundada desde o início do projeto de ampliação, preferencialmente por meio de EIA/RIMA. Em longo prazo, contar com a maior capacidade de diluição do rio Paraná pode resultar em prejuízos a sua qualidade ambiental. Diante disso, faz-se necessário monitorar constantemente a qualidade da água a jusante do lançamento.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Ribeiro, N.U.F.: Conceituação, Curadoria de Dados, Análise Formal, Investigação, Metodologia, Visualização, Escrita – Primeira Redação. Bega, J.M.M.: Conceituação, Curadoria de Dados, Análise Formal, Investigação, Escrita – Primeira Redação, Escrita – Revisão e Edição. Zambrano, K.T.: Investigação, Escrita – Revisão e Edição. Américo-Pinheiro, J.H.P.: Escrita – Revisão e Edição. Carvalho, S.L.: Conceituação, Obtenção de Financiamento, Investigação, Metodologia, Administração do Projeto, Recursos, Supervisão, Validação, Visualização, Escrita – Revisão e Edição.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). *Região Hidrográfica Paraná*. Brasília: ANA, 2020. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/as-12-regioes-hidrograficas-brasileiras/parana>. Acesso em: 11 jan. 2020.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington: APHA, 2017.
- BANERJEE, A.; CHAKRABARTY, M.; RAKSHIT, N.; BHOWMICK, A.R.; RAY, S. Environmental factors as indicators of dissolved oxygen concentration and zooplankton abundance: deep learning versus traditional regression approach. *Ecological Indicators*, v. 100, p. 99-117, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.09.051>
- BARBOSA, G.S. *Uso de atributos do solo na identificação de limites para preservação de Veredas no Mato Grosso do Sul*. 72f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica), Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, 2016.
- BEGA, J.M.M.; RIBEIRO, N.U.F.; ALMEIDA, J.C.R.; RICARDI, A.M.; OLIVEIRA, J.N. Avaliação dos parâmetros químicos de qualidade da água em um ecossistema aquático lótico. *Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 16, p. 73-84, 2020. <https://doi.org/10.17271/1980082716120202318>
- BEGA, J.M.M.; OLIVEIRA, J.N.; ALBERTIN, L.L.; ISIQUE, W.D. Uso da cafeína como indicador de poluição por esgoto doméstico em corpos d'água urbanos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 26, n. 2, p. 381-388, 2021. <https://doi.org/10.1590/S1413-4152201900084>
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. *Diário Oficial da União*, Brasília, 1997.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2000.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Alterada pelas resoluções CONAMA nº 393/2007, nº 397/2008, nº 410/2009 e nº 430/2011. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, Seção 1, p. 34. 18 mar. 2005.
- BRASIL. Conselho Estadual de Recursos Hídricos do de Mato Grosso do Sul (CERH/MS). Deliberação nº 52, de 18 de junho de 2018. Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de águas superficiais em consonância diretrizes estabelecidas na DELIBERAÇÃO CECA/MS Nº 36, de 27 de junho de 2012, e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado do Mato Grosso do Sul*: seção 1, Mato Grosso do Sul, p.39. 18 jun. 2018.
- BRASIL. Ministério Público Federal (MPF). *MPF pede a paralisação de obra da Sanesul em Aparecida do Taboado (MS)*. Brasília: Jusbrasil, 2018. Disponível em: <https://mpfjusbrasil.com.br/noticias/575728567/mpf-pede-a-paralisacao-de-obra-da-Sanesul-em-aparecida-do-taboado-ms>. Acesso em: 23 fev. 2021.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). Secretaria Nacional de Saneamento (SNS). *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento*: diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos. Brasília: SNS/MDR, 2020.
- CARSTENS, D.; AMER, R. Spatio-temporal analysis of urban changes and surface water quality. *Journal of Hydrology*, v. 569, p. 720-734, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.12.033>
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos*. São Paulo: CETESB, 2011. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/GuiaNacionalDeColeta>. Acesso em: 15 nov. 2020.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Índices de Qualidade da Água*: Apêndice C. São Paulo: CETESB, 2015. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso: 15 set. 2020.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Índices de Qualidade das Águas*: Apêndice D. São Paulo. São Paulo: CETESB, 2018. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2019/10/Ap%C3%AAndice-D_%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas.pdf. Acesso em: 12 nov. 2019.
- CLIMA FEIS. *Canal CLIMA da UNESP Ilha Solteira – Área de Hidráulica e Irrigação*. Ilha Solteira: Unesp. Disponível em: <https://clima.feis.unesp.br/>. Acesso em: 16 set. 2020.
- DU, C.; WANG, Q.; LI, Y.; LYU, H.; ZHU, L.; ZHENG, Z.; WEN, S.; LIU, G.; GUO, Y. Estimation of total phosphorus concentration using a water classification method in inland water. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 71, p. 29-42, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.05.007>

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Indicadores da qualidade da água*. Brasília: EMBRAPA, 2002. Disponível em: <http://www.embrapa.com.br>. Acesso em: 28 de out. 2019.
- EMPRESA DE SANEAMENTO DE MATO GROSSO DO SUL (SANESUL). *Caracterização geral do município e diagnóstico do sistema atual*: volume 8. Mato Grosso do Sul: SANESUL, 2020a. Disponível em: <http://www.epe.segov.ms.gov.br/wp-content/uploads/2020/01/8-Aparecida-do-Taboado.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2021.
- EMPRESA DE SANEAMENTO DE MATO GROSSO DO SUL (SANESUL). *Sistema proposto de esgotamento sanitário*: volume 9. Mato Grosso do Sul: SANESUL, 2020b. Disponível em: <https://www.epe.segov.ms.gov.br/wp-content/uploads/2021/01/8-Aparecida-do-Taboado.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2021.
- EMPRESA DE SANEAMENTO DE MATO GROSSO DO SUL (SANESUL). *Plano de mitigação e gestão dos impactos sociais*. Aparecida do Taboado, 2020c. Disponível em: <http://www.epe.segov.ms.gov.br/wp-content/uploads/2020/01/3.1.3-Plano-de-Mitiga%C3%A7%C3%A3o-e-Gest%C3%A3o-dos-Impactos-Sociais.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2021.
- EMPRESA DE SANEAMENTO DE MATO GROSSO DO SUL (SANESUL). *Plano de automonitoramento*: Sistema de tratamento de esgoto do município de Aparecida do Taboado - MS. Aparecida do Taboado, 2020d. Disponível em: <http://www.Sanesul.ms.gov.br/>. Acesso em: 14 fev. 2021.
- FALKENMARK, M. Water resilience and human life support: global outlook for the next half century. *International Journal of Water Resources Development*, v. 36, n. 2-3, p. 377-396, 2020. <https://doi.org/10.1080/07900627.2019.1693983>
- FREITAS, A.J. Gestão de recursos hídricos. In: SILVA, D.D.; PRUSKI, F.F. *Gestão de recursos hídricos*: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais. Brasília, DF: Secretaria de Recursos Hídricos; Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2000.
- FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE (FUNASA). *Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS/Ministério da Saúde*. Brasília: FUNASA, 2014. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf. Acesso em: 21 nov. 2019.
- 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*, v. 16, n. 5, p. 558-563, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000500012>
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Cidades e Estados*: Aparecida do Taboado. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ms/aparecida-do-taboado.html>. Acesso em: 17 fev. 2021.
- KALMYKOVA, Y.; HARDER, R.; BORGSTEDT, H.; SYANANG, I. Pathways and management of phosphorus in urban areas. *Journal of Industrial Ecology*, v. 16, n. 6, p. 928-939, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00541.x>
- KAY, P.; HUGHES, S.R.; AULT, J.R.; ASHCROFT, A.E.; BROWN, L.E. Widespread, routine occurrence of pharmaceuticals in sewage effluent, combined sewer overflows and receiving waters. *Environmental Pollution*, v. 220, part b, p. 1447-1455, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.10.087>
- KUJANOVÁ, K.; MATOUSKOVA, M.; HOSEK, Z. The relationship between river types and land cover in riparian zones. *Limnologica*, v. 71, p. 29-43, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2018.05.002>
- LAUVERS, J.; CHIABAI, V.; MERLO, S.A.A.S. Avaliação dos impactos ambientais relacionados a destinação final de efluentes domésticos no distrito de São João do Garrafão, Santa Maria de Jetibá, ES, Brasil. *Revista Interdisciplinas Faresse*, v. 1, n. 2, p. 32-52, 2019.
- LIBÂNIO, M. *Fundamentos de qualidade e tratamento de água*. Editora Átomo: São Paulo, 2010.
- MEDEIROS, S.R.M.; CARVALHO, R.G.; SOUZA, L.; BARBOSA, A.H.S. Índice de qualidade das águas e balneabilidade no Riacho da Bica, Portalegre, RN, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, v. 11, n. 3, 2016. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1833>
- MEDEIROS, W.M.V.; SILVA, C.E.; LINS, R.P.M. Avaliação sazonal e espacial da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Longá, Piauí, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, v. 13, n. 2, p. 2054-2070, 2018. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2054>
- MELLO, K.; VALENTE, R.A.; RANDHIR, T.O.; SANTOS, A.C.A.; VETTORAZZI, C.A. Effects of land use and land cover on water quality of low-order streams in Southeastern Brazil: Watershed versus riparian zone. *Catena*, v. 167, p. 130-138, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.04.027>
- MENEZES, J.P.C.; BITTENCOURT, R.P.; FARIAS, M.S.; BELLO, I.P.; FIA, R.; OLIVEIRA, L.F.C. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 2, n. 3, p. 519-534, 2016. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016145405>
- MORAES, R.X.L.; YABUKI, L.N.M.; QUELUZ, J.G.T.; GARCIA, M.L. Avaliação da qualidade das águas superficiais e do sistema de tratamento do esgoto sanitário do município de Rio Claro/SP. *Holos Environment*, v. 21, n. 1, p. 83-104, 2021. <https://doi.org/10.14295/holos.v21i1.12421>
- MISAGHI, F.; DELGOSHA, F.; RAZZAGHMANESH, M.; MYERS, B. Introducing a water quality index for assessing water for irrigation purposes: a case study of the Ghezel Ozan River. *Science of the Total Environment*, v. 589, p. 107-116, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.226>
- MITCH, A.A.; GASNER, K.C.; MITCH, W.A. Fecal coliform accumulation within a river subject to seasonally-disinfected wastewater discharges. *Water Research*, v. 44, n. 16, p. 4776-4782, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.05.060>
- NOORI, R.; BERNDTSSON, R.; HOSSEINZADEH, M.; ADAMOWSKI, J.F.; ABYANEH, M.R. A critical review on the application on the National Sanitation Foundation Water Quality Index. *Environmental Pollution*, v. 244, p. 575-587, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.076>
- OLIVEIRA, J.N.; BEGA, J.M.M.; ANDREETTA, A.B.; TOKUDA, E.N. O conflito entre a expansão urbana e o uso da água subterrânea. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing*, v. 9, p. 373-386, 2019. <https://doi.org/10.29150/jhrs.v9i6.p373-386>
- PESSOA, J.O.; ORRICO, S.R.M.; LORDÊLO, M.S. Qualidade da água de rios em cidades do Estado da Bahia. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 23, n. 4, p. 687-696, 2018. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018166513>
- 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. <https://doi.org/10.17271/2318847286420202571>
- SANCHEZ, I. *Grupo protesta contra obra e denuncia esgoto no rio Paraná*. Campo Grande: Campo Grande News, 2019. Disponível em: <https://www.campograndenews.com.br/cidades/interior/grupo-protesta-contra-obra-e-denuncia-egoto-no-rio-parana>. Acesso em: 03 jan. 2021.

SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). *Desenvolvimento econômico territorial Mato Grosso do Sul*. 2016. Disponível em: <https://m.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/MS/Anexos/Mapa%20Oportunidades/APARECIDA%20DO%20TABOADO.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2019.

SILVA, R.S.B.; SOUSA, A.M.L.; SODRÉ, S.S.V.; VITORINO, M.I. Avaliação sazonal da qualidade das águas superficiais e subterrâneas na área de influência do Lixão de Salinópolis, PA. *Revista Ambiente & Água*, v. 13, n. 2, 2018. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2072>

SKRABER, S.; GASSILLOUD, B.; GANTZER, C. Comparison of coliforms and coliphages as tools for assessment of viral contamination in river water. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 70, n. 6, p. 3644-3649, 2004. 1 <https://doi.org/10.1128/AEM.70.6.3644-3649.2004>

SOUZA, A.C.M.; SILVA, M.R.F.; DIAS, N.D. Gestão de recursos hídricos: o caso da bacia hidrográfica Apodi/Mossoró (RN). *Revista Irriga*, p. 280-296, 2012. <https://doi.org/10.15809/irriga.2012v1n01p280>

SOUZA, A.T.; CARNEIRO, L.A.T.X.; SILVA JUNIOR, O.P.; CARVALHO, S.L.; AMÉRICO-PINHEIRO, J.H.P. Assessment of water quality using principal

component analysis: a case study of Marrecas stream basin in Brazil. *Environmental Technology*, v. 1, p. 1-10, 2020. <http://doi.org/10.1080/09593330.2020.1754922>

SZYMANSKA, M.; BURANDT, P.; BAKOWSKA, M.; SOWINSKI, P. Long-term effects of hydromorphological stream restoration on changes in microhabitats of Ephemera Danica (Ephemeroptera) and its population. *Ecological Indicators*, v. 109, p. 1-10, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105810>

VON SPERLING, M. *Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: Exemplos de aplicação com planilhas*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

VON SPERLING, M. *Urban wastewater treatment in Brazil*. Inter-American Development Bank Technical Note 970. 2016. Disponível em: <https://publications.iadb.org/publications/english/document/Urban-Wastewater-Treatment-in-Brazil.pdf>. Acesso em 23 fev. 2021.

ZAMBRANO, K.T.; POLETO, C.; OLIVEIRA, J.N. A comparative analysis on water quality in an urban micro watershed. *Management of Environmental Quality*, v. 28, n. 4, p. 566-578, 2017. <http://doi.org/10.1108/MEQ-07-2015-0141>