

Índice de Qualidade das Águas no Rio Paraná, Aparecida do Taboado - MS, Brasil: Dados Preliminares

*Water Quality Index of Paraná River, Aparecida do Taboado, MS, Brazil: Preliminary
Data*

*Índice de Calidad del Agua en el Río Paraná, Aparecida de Taboado, MS, Brasil: Datos
Preliminares*

Natasha Ulhiana Ferreira Ribeiro

Mestranda em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais e bolsista CAPES, UNESP, Brasil.
natasha_ul@yahoo.com.br

João Miguel Mercês Bega

Mestrando em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais e bolsista CAPES, UNESP, Brasil.
joaomiguelbega@gmail.com

Sérgio Luís de Carvalho

Professor Doutor, UNESP, Brasil.
sl.carvalho@unesp.br



RESUMO

A qualidade das águas é caracterizada por parâmetros físicos, químicos e biológicos, que são submetidos constantemente a interferências de ordens natural e antrópica, esta última advinda de atividades como o lançamento de efluentes domésticos. No município de Aparecida do Taboado – MS, Brasil, o monitoramento da qualidade das águas do Rio Paraná exige atenção imediata tendo em vista que a Estação de Tratamento de Esgotos da cidade iniciará o lançamento de seus efluentes no mesmo. Considerando as características do local e que o rio é bastante procurado para fins de recreação de contato primário, o presente estudo teve como objetivo analisar a atual situação hídrica do futuro ponto de lançamento e de pontos em seu entorno por meio do Índice de Qualidade das Águas (IQA), a fim de posteriormente comparar as qualidades da água pré e pós início do lançamento. Os parâmetros analisados foram oxigênio dissolvido (OD), coliformes termotolerantes (CT), potencial hidrogeniônico (pH), demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20}), fósforo total (PT), nitrogênio total (NT), temperatura, turbidez e sólidos totais (ST), em quatro pontos específicos do rio em duas campanhas, uma no inverno (agosto/2019) e outra no verão (fevereiro/2020). Os resultados mostraram que a qualidade da água é “Ótima” em todos os pontos amostrais nas duas campanhas.

PALAVRAS-CHAVE: Balneabilidade. Recursos Hídricos. Efluentes domésticos.

ABSTRACT

Water quality is characterized by physical, chemical and biological parameters, which are constantly subjected to interference from natural and anthropic orders, the latter arising from activities such as the discharge of domestic effluents. In the municipality of Aparecida do Taboado - MS, Brazil, monitoring the water quality of the Paraná River requires immediate attention, considering that the city's Sewage Treatment Station will start the discharge of its effluents there. Considering the characteristics of the place and that the river is very popular for primary contact recreation purposes, the present study aimed to analyze the current water situation of the future launching point and points in its surroundings through the Water Quality Index (WQI), in order compare the qualities of the water before and after the launch. The analyzed parameters were dissolved oxygen (DO), thermotolerant coliforms (TC), hydrogen potential (pH), biochemical oxygen demand (BOD_{5,20}), total phosphorus (TP), total nitrogen (TN), temperature, turbidity and total solids (TS), in four specific points of the river in two campaigns, one in winter (August/2019) and another in summer (February/2020). The results showed that the quality of the water is “Excellent” at all sampling points in both campaigns.

KEYWORDS: Bathing. Water resources. Domestic effluents.

RESUMEN

La calidad del agua se caracteriza por parámetros físicos, químicos y biológicos, que están constantemente sujetos a interferencias de órdenes naturales y antrópicos, estos últimos derivados de actividades como la descarga de efluentes domésticos. En el municipio de Aparecida do Taboado - MS, Brasil, el monitoreo de la calidad del agua del río Paraná requiere atención inmediata, teniendo en cuenta que la estación de tratamiento de aguas residuales de la ciudad comenzará la descarga de sus efluentes allí. Teniendo en cuenta las características del lugar y que el río es muy popular para fines recreativos de contacto primario, el presente estudio tuvo como objetivo analizar la situación actual del agua del futuro punto de lanzamiento y puntos en su entorno a través del Índice de Calidad del Agua (ICA), para comparar las cualidades del agua antes y después del lanzamiento. Los parámetros analizados fueron oxígeno disuelto (OD), coliformes termotolerantes (CT), potencial de hidrógeno (pH), demanda bioquímica de oxígeno (DBO_{5,20}), fósforo total (PT), nitrógeno total (NT), temperatura, turbidez y sólidos totales (ST), en cuatro puntos específicos del río en dos campañas, una en invierno (agosto/2019) y otra en verano (febrero/2020). Los resultados mostraron que la calidad del agua es "excelente" en todos los puntos de muestreo en las dos campañas.

PALABRAS CLAVE: Balneabilidad. Recursos hídricos. Efluentes domésticos.

1 INTRODUÇÃO

A água, um dos principais recursos naturais do planeta, é essencial para a sobrevivência de todas as formas de vida devido à sua presença em diversos processos físicos, químicos e biológicos, além de necessária a múltiplas atividades antrópicas, como abastecimento, usos industrial e agrícola, geração de energia elétrica, turismo, lazer, pesca, entre outros (COSTA, 2016).

Apesar disso, é também uma das principais formas de difusão de agentes patogênicos (SAAD *et al.*, 2007), decorrente do uso desequilibrado e insustentável provocado por atividades agrícolas, pecuárias e de urbanização, que têm como consequência a degradação dos recursos hídricos e do habitat aquático, o aumento da poluição das águas e a diminuição da sua biodiversidade, comprometendo a garantia de aproveitamento dos recursos hídricos para a presente e futuras gerações (BRITES, 2010; SOARES; FERREIRA, 2017).

O Brasil, apesar de rico em disponibilidade hídrica, possui diversas regiões que sofrem com problemas relacionados ao tratamento ineficiente das águas residuárias pelas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), o que afeta a qualidade das águas receptoras, tornando necessário um processo de monitoramento e gestão das mesmas no país (AMARO, 2009).

Um dos principais instrumentos que sustentam a gestão dos recursos hídricos é o monitoramento da qualidade das águas (GUEDES *et al.*, 2012). Buscando uma melhor gestão, muitos estudos vêm sendo realizados com o objetivo de determinar a qualidade das águas de rios, lagos e represas por meio do monitoramento de seus parâmetros físicos, químicos e biológicos (ROCHA; FREITAS; SILVA, 2014).

Desta maneira, o Índice de Qualidade das Águas é uma importante ferramenta no monitoramento da qualidade dos corpos hídricos, com os limites de seus parâmetros estabelecidos nas Resoluções CONAMA n° 274 (BRASIL, 2000), que “define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras”, e CONAMA n° 357 (BRASIL, 2005), 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”.

Ambas as Resoluções são importantes na avaliação da qualidade da água, tendo em vista que o lançamento de esgotos gera numerosos impactos sobre os recursos hídricos e a balneabilidade atua com o objetivo de refletir a qualidade das águas de recreação, sendo de suma importância avalia-la como uma política de saneamento devido aos corpos hídricos poluídos e/ou contaminados por águas residuárias oferecerem um risco potencial de expor os banhistas a doenças de veiculação hídrica (FRANCENER *et al.*, 2011).

Apesar da nascente do Rio Paraná, pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Paraná e localizada no município de Aparecida do Taboado, Mato Grosso do Sul, pertencer a uma área de balneabilidade, a mesma se encontra em iminente situação de recebimento de efluentes domésticos advindos da ETE responsável pela coleta e tratamento de esgotos da cidade. Desta forma, o presente trabalho teve por finalidade analisar a atual situação hídrica do futuro ponto de lançamento e de pontos em seu entorno, no Rio Paraná, a fim de, posteriormente, ser

possível a realização de estudos que comparem as qualidades pré e pós início do lançamento, bem como a capacidade de recuperação do rio.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

O município de Aparecida do Taboado está situado na região do Bolsão no noroeste do Estado do Mato Grosso do Sul, a aproximadamente 445 km da capital e com coordenadas geográficas latitude sul 20°05'20" e longitude oeste 51°06'11". O município possui uma área territorial de 2.750,25 km² (IBGE, 2010) e estabelece limites com os municípios de Inocência (MS) e Paranaíba (MS) ao norte, Ilha Solteira (SP), Rubinéia (SP) e Carneirinho (MG) ao sul e Selvíria (MS) a oeste, fazendo parte da divisa triangular dos Estados de Mato Grosso do Sul, São Paulo e Minas Gerais (SEBRAE, 2016).

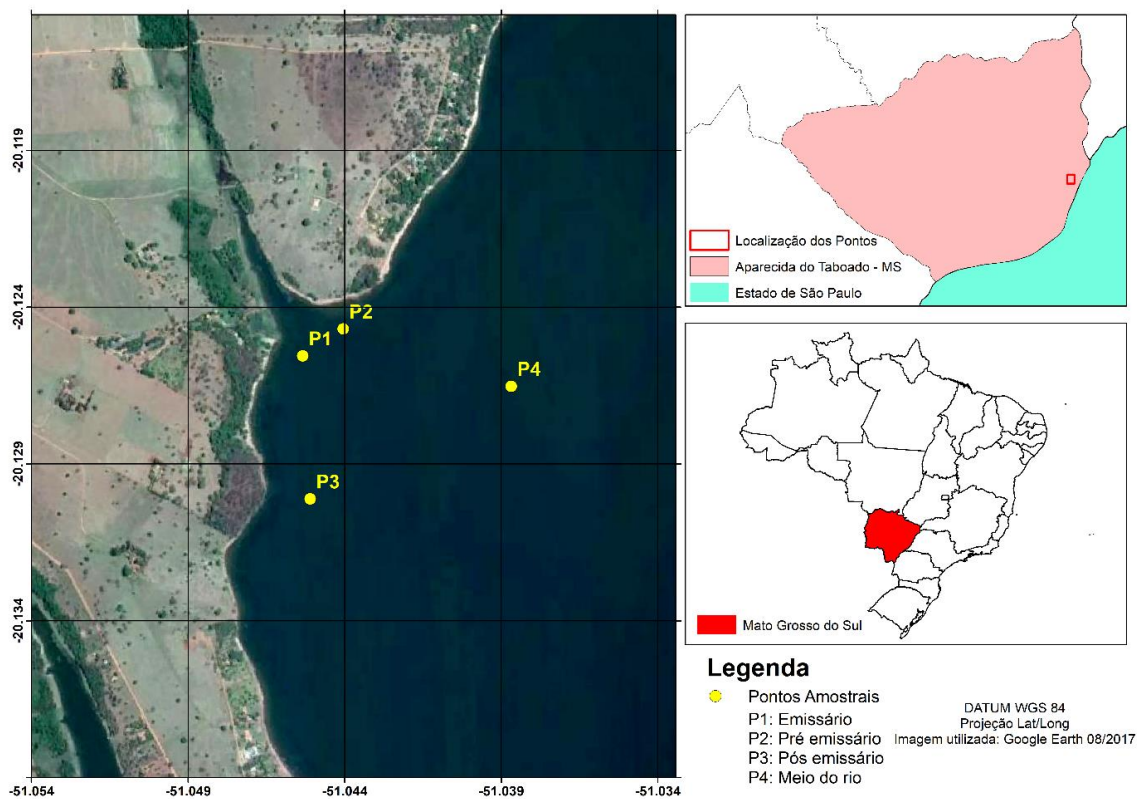
A região onde a cidade se situa caracteriza-se por apresentar solos do tipo latossolo vermelho escuro a leste e podzólicos a oeste (SEBRAE, 2016). Em relação ao clima, segundo o sistema internacional de Köppen, este classifica-se como Aw, semiárido a sub-úmido/úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno, apresentando um índice pluviométrico médio anual de 1.560 mm (BARBOSA, 2016).

A vegetação no entorno dos pontos de coleta se encontra bastante conservada e o município está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná, sub-bacia do Rio Grande, e é agraciado com a nascente do Rio Paraná, resultado da junção dos Rios Grande e Paranaíba (SEBRAE, 2016).

2.2 Procedimentos experimentais para análise do IQA

Para a análise do IQA, as águas foram coletadas em quatro pontos específicos do Rio Paraná (Figura 1). O primeiro ponto (P1) corresponde ao ponto no qual o lançamento será realizado, o segundo ponto (P2) corresponde ao ponto a montante do P1, o terceiro ponto (P3) corresponde ao ponto a jusante do P1 e, por último, o quarto ponto (P4) corresponde a um ponto mais distante da margem do que os demais, para que seja utilizado como a amostra "branco", caso os pontos 1 a 3, após o início do recebimento do efluente, venham a apresentar alterações em sua qualidade e, assim, seja possível compará-los ao P4 nas datas de coleta.

Figura 1: Pontos de amostragem no rio Paraná.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Estes quatro pontos foram fundamentais para observar se os padrões de qualidade estão sendo atendidos ou não.

Tendo em vista que a variação climática interfere nos parâmetros analisados, as amostras para o cálculo do IQA foram coletadas em duas campanhas, uma no mês de agosto (20/08/2019), referente ao período de estiagem (inverno), e outra no mês de fevereiro (28/02/2020), referente ao período chuvoso (verão).

As amostras foram coletadas, transportadas e armazenadas de acordo com a metodologia descrita no “Guia nacional de coleta e preservação de amostras – água, sedimentos, comunidades aquáticas e efluentes líquidos” (CETESB, 2011). O IQA adotado foi o utilizado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, devido aos seus parâmetros serem indicadores de poluição pelo lançamento de águas residuárias, além de ser o principal índice de qualidade da água utilizado no país (ANA, 2015).

O IQA é obtido por meio das análises de nove parâmetros, aos quais são atribuídos pesos individuais, fixados de acordo com a importância de cada um para a qualidade da água, refletindo no resultado final. Os parâmetros analisados são oxigênio dissolvido (OD) (peso 0,17), coliformes termotolerantes (CT) (peso 0,15), potencial hidrogeniônico (pH) (peso 0,12), demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20}) (peso 0,10), fósforo total (PT) (peso 0,10), nitrogênio

total (NT) (peso 0,10), temperatura (peso 0,10), turbidez (peso 0,08) e sólidos totais (ST) (peso 0,08) (CETESB, 2018).

No presente trabalho, o cálculo do IQA foi realizado por meio da Planilha Eletrônica Excel disponibilizada por Von Sperling (2014), na qual o índice é obtido de maneira mais rápida do que o cálculo manual.

Em relação aos procedimentos de análise, a temperatura, o pH e o OD foram medidos *in loco* por meio de uma sonda multiparâmetros de qualidade da água da marca Horiba (Figura 2), enquanto os demais parâmetros foram quantificados no Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP).

Figura 2: Sonda multiparâmetros de qualidade da água Horiba.



Fonte: Elaborado pelos autores.

As análises da turbidez foram realizadas pelo método nefelométrico, utilizando-se um turbidímetro Hach 2100AN (Figura 3) e cubetas apropriadas para o equipamento.

Figura 3: Turbidímetro Hach 2100AN.



Fonte: Elaborado pelos autores.

As análises da DBO foram realizadas por meio do método de Winkler modificado – teste de $DBO_{5,20}$, Hach10071, utilizando-se frascos de Winkler, bureta, suporte universal, proveta, pipetas de 2 mL, pera de sucção, balão Erlenmeyer e balão volumétrico de 1000 mL (Figura 4). Também foram utilizados azida, sulfato manganoso e ácido sulfúrico.

Figura 4: Materiais utilizados na análise da $DBO_{5,20}$.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Duas amostras foram preparadas para cada ponto, em frascos de Winkler, com água deionizada aerada e enriquecida com nutrientes, em uma concentração de 1:5. Na primeira amostra (OD inicial) foram adicionados 2 mL de azida e 2 mL de sulfato manganoso e, posteriormente, 2 mL de ácido sulfúrico. Em seguida, a amostra foi titulada com uma solução de tiosulfato de sódio padronizado. A segunda (OD final) foi encaminhada para incubação por 5 dias à 20°C em ausência de luz, seguindo, no quinto dia, o mesmo procedimento da DBO inicial. Por fim, o resultado da $DBO_{5,20}$ para cada ponto foi definido pela diferença entre o OD inicial e OD final encontrados.

No que se refere aos teores de NT e PT, para ambos foram utilizados os materiais COD Reactor Hach, espectrofotômetro Hach DR/2000 (Figura 5), pipeta automática e ponteiras, diferindo apenas nos kits, sendo para o primeiro o kit Hach para NT, por meio do método Hach 10071, e para o segundo o kit Hach de PT, por meio do método 8190 – digestão ácida do persulfato PhosVer3.

Figura 5: COD Reactor Hach e espectrofotômetro Hach DR/2000 utilizados na análise dos parâmetros NT e PT.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Quanto às análises dos CT cabe ressaltar que estes foram estipulados a partir dos valores de *Escherichia coli* (*E. coli*), devido à mesma ser o principal representante deste grupo (FUNASA, 2014). Além disso, de acordo com Libânio (2010), quando em um corpo d'água é encontrada determinada concentração de *E. coli*, há fortes indícios de que no mesmo houve o lançamento de esgotos domésticos, já que é um organismo que possui baixa ocorrência no solo e que não se multiplica no ambiente aquático, sendo então de maior interesse para o presente estudo. As concentrações de *E. coli* foram calculadas pelo método de placas Petrifilm 3M – contagem de *E. coli*, que se baseia em adicionar 1 mL de cada amostra em uma placa cada e mantê-las em estufa de cultura por 24 horas (Figura 6). Para este método, foram utilizadas, além das placas e da estufa, uma pipeta automática e ponteiras.

Figura 6: Estufa de cultura para armazenamento de placas de contagem de *E. coli*.



Fonte: Elaborado pelos autores.

As contagens de *E. coli* foram então realizadas manualmente de acordo com o aparecimento ou não dos pontos indicadores nas placas.

As análises de ST foram realizadas gravimetricamente, utilizando cadinhos de porcelana Chiarotti 50 mL, balança analítica SHIMADZU AY220, estufa Marconi MA033, dessecador Pyrex 200mm e mufla (Figura 7).

Figura 7: Dessecador, cadinhos de porcelana, balança analítica, estufa e mufla utilizados na análise de ST.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os cadinhos foram lavados e posteriormente colocados na mufla a 550°C por 2 horas. Foram então resfriados no dessecador, pesados na balança analítica para obtenção do peso inicial (Pi) e dispostos na estufa por 24 horas com 50 mL de cada amostra em cada um. Passadas as 24 horas, obteve-se o peso final (Pf) e os valores de ST foram calculados por meio da Equação 1.

$$ST = Pf - Pi \quad (\text{Equação 1})$$

Após a obtenção dos valores do IQA, foi realizada a avaliação da qualidade da água do Rio Paraná em cada ponto amostral. Segundo a Agência Nacional das Águas - ANA (2015), o valor final do IQA é classificado em faixas, que variam entre os estados brasileiros. Para o Estado do Mato Grosso do Sul, são estabelecidas as seguintes faixas de avaliação atribuída:

Quadro 1: Classificação das faixas do IQA.

Intervalo de valores	Avaliação da qualidade da água
80 - 100	Ótima
52 - 79	Boa
37 - 51	Regular
20 - 36	Ruim
0 - 19	Péssima

Fonte: CETESB, 2018.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nas análises realizadas encontram-se dispostos na Tabela 1. A campanha 1 corresponde ao período de estiagem (agosto/2019) na área de estudo e a campanha 2 refere-se ao período chuvoso (fevereiro/2020).

Tabela 1: Propriedades físico-químicas e biológicas das águas nos pontos amostrados.

Parâmetros do IQA	P1		P2		P3		P4	
	Camp. 1	Camp. 2	Camp. 1	Camp. 2	Camp. 1	Camp. 2	Camp. 1	Camp. 2
OD (mg.L ⁻¹)	7,50	6,57	6,89	6,54	7,70	6,92	7,09	6,30
CT (NMP/100 mL)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
pH	6,61	5,85	6,81	5,80	6,58	6,04	6,74	5,79
DBO _{5,20} (mg.L ⁻¹)	0,00	0,00	0,00	6,08	0,00	2,01	0,00	0,00
PT (mg.L ⁻¹)	0,08	0,016	0,09	0,026	0,11	0,015	0,08	0,020
NT (mg.L ⁻¹)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00
Temperatura (°C)	23,57	29,22	23,53	29,36	23,68	29,14	23,52	29,28
Turbidez (NTU)	1,05	3,73	1,06	3,79	0,78	3,80	0,82	3,83
Sólidos totais (mg.L ⁻¹)	286,00	66,00	242,00	114,00	248,00	110,00	222,00	132,00

Fonte: Elaborado pelos autores.

Como destacou Von Sperling (1996), ao monitorar um corpo d'água, a temperatura deve ser analisada com outros parâmetros, como o OD. Desta forma, de acordo com os resultados obtidos na Tabela 1, os valores de OD encontrados em todos os pontos das duas campanhas estão de acordo não somente com a Resolução CONAMA n° 357/2005 (BRASIL, 2005) para águas doces de Classe 2, que estabelece que o OD deve ser maior do que 5 mg.L⁻¹, como apresenta a tendência observada por Silva *et al.* (2008) de diminuir com o aumento da temperatura. Se compararmos os valores de OD dos pontos da campanha 1 com os respectivos pontos da campanha 2, observamos que em todos os pontos o OD é maior no período de estiagem do que no período chuvoso, período este que apresentou menor temperatura devido à estação do ano correspondente (inverno).

Fonseca e Salvador (2005) também inferiram a diminuição dos valores de OD durante a estação chuvosa em relação aos valores de OD na estação seca ao avaliarem a qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio Bonito, Descalvado – SP. Segundo os autores, esta constatação pode ser explicada pelo consumo de oxigênio pela matéria orgânica carregada da lavagem da superfície do solo pelas águas pluviais. Cabe ressaltar que apesar da chuva poder funcionar como em uma queda d'água, onde a reaeração superficial é maior do que a de um rio em condições climáticas normais (CETESB, 2018), no caso do presente estudo, a precipitação não foi intensa nem duradoura o suficiente para causar um aumento significativo na concentração de OD no momento da coleta, o que poderia acarretar em observações diferentes das constatadas acima, tendo sido de apenas 2,5 mm no dia 28 de fevereiro de 2020 (INMET, 2020).

Os maiores valores de OD encontrados no período de estiagem estabelecem estreita relação com os valores da DBO que, nos pontos P2 e P3, foram mais altos no período chuvoso (campanha 2), demonstrando que o aumento da matéria orgânica biodegradável implica na diminuição do OD na água, já que bactérias aeróbias demandam oxigênio para degradar a matéria orgânica

(MEDEIROS *et al.*, 2016). Nos outros dois pontos de coleta, as DBOs apresentaram valores nulos, demonstrando que não há oxigênio sendo consumido para a decomposição de matéria orgânica no curso hídrico, o que implica na ausência de contaminação nestes pontos. Enquanto o P3, na estação chuvosa, se apresentou dentro do limite da Resolução CONAMA n° 357 (BRASIL, 2005), o P2 ultrapassou, na mesma estação, os 5 mg.L⁻¹ permitido. Isto possivelmente deve-se ao fato de que no ponto 2 a vegetação no entorno se apresenta menos densa do que nos pontos 1 e 3 (Figura 8), além de possuir uma maior declividade, fazendo com que as precipitações ocorridas possam ter elevado a quantidade de matéria orgânica na água resultante da erosão da margem, estando de acordo com os resultados encontrados por Ribeiro, Sandri e Boêno (2013), ao analisarem a qualidade da água de um córrego próximo ao centro da cidade de Anápolis – GO. Os autores verificaram que nos três pontos analisados no estudo, a DBO apresentou teores bem mais elevados no período chuvoso quando comparados ao período seco. Neste estudo, além da vegetação observada na margem do P2, cabe ressaltar que houve precipitação não somente no dia da coleta, como também nos dias anteriores, sendo que no dia 27 de fevereiro, de acordo com o INMET (2020), a chuva ultrapassou 30 mm.

Figura 8: Vegetação nas margens dos pontos 1, 2 e 3, no Rio Paraná em Aparecida do Taboado – MS.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Por sua vez, a turbidez é o parâmetro que está mais atrelado ao material em suspensão presente nos corpos d'água, sendo definida como a capacidade da água em dispersar radiação solar (FUNASA, 2014). Tendo em vista que durante as chuvas a concentração de sólidos em suspensão aumenta consideravelmente (MEDEIROS *et al.*, 2016), os valores de turbidez no período chuvoso em todos os pontos amostrais foram maiores do que no período de estiagem. Apesar disso, todos os pontos nas duas campanhas estiveram dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357 (BRASIL, 2005), a qual define o valor de 100 NTU como valor máximo para a turbidez em rios Classe 2. De acordo com Vieira (2015), devido aos baixos valores encontrados,



é possível concluir que os sólidos em suspensão presentes nas amostras sejam de origem natural, como partículas inorgânicas (rocha, argila e silte) e/ou detritos orgânicos (algas e outros microrganismos).

A Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) estabelece que, em águas doces, independentemente da classe, o pH deve estar entre 6,0 e 9,0. Desta forma, na campanha 2, os pHs dos pontos 1, 2 e 4 não se enquadraram nos limites da Resolução, contrariando o que afirmam Carvalho, Schittler e Tornisielo (2000), de que o pH, com o aumento das chuvas, tende a subir e aproximar-se da neutralidade devido à diluição dos compostos dissolvidos e escoamento mais rápido. Como há o aumento no volume de água, a acidez da mesma diminui. Entretanto, de acordo com a FUNASA (2014), quando o pH se encontra fora dos limites da Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), é possível que esta variação seja proveniente de causas naturais, o que é bastante provável no presente estudo, considerando que todas as classificações do IQA se apresentaram na melhor classificação possível (Quadro 2).

Os valores de *E. coli* encontrados foram todos nulos, o que se era esperado devido ao lançamento de efluentes ainda não ter se iniciado, observando-se então que os períodos chuvoso e de estiagem não tiveram influência neste parâmetro. Constata-se assim que a concentração de *E. coli* no Rio Paraná encontra-se dentro dos padrões de balneabilidade estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 274 (BRASIL, 2000).

No que se refere ao PT, apenas a campanha 1 do P3 se apresentou acima do limite de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ estabelecido na Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) para águas doces de Classe 2, porém como o valor excedente não foi significativo (apenas $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$), compreende-se que tal valor esteja relacionado à fontes naturais de fósforo, podendo ser proveniente da decomposição de organismos aquáticos e dos vegetais que compõe a vegetação no entorno, o assoreamento do corpo d'água ou cargas difusas provenientes dos processos erosivos da própria bacia hidrográfica (QUEVEDO; PAGANINI, 2009).

O NT apresentou todos os seus valores dentro do valor máximo permitido de $2,18 \text{ mg.L}^{-1}$ (especificado na Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) como apenas se for fator limitante para eutrofização). Juntamente com o fósforo, é um importante parâmetro na avaliação da qualidade das águas superficiais, já que ambos os nutrientes se encontram em altas concentrações nos corpos d'água quando provenientes do lançamento de esgotos (RODRIGUES, 2016).

Por fim, apesar de ser esperado que os ST se apresentassem em maior concentração no período chuvoso, os mesmos apresentarem os maiores valores no período de estiagem em todos os pontos de coleta, diferentemente do observado por Silva *et al.* (2008) ao analisarem a influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus, onde os ST apresentaram seus maiores valores na estação chuvosa. Apesar disso, todos os valores se encontraram dentro do valor máximo permitido de 500 mg.L^{-1} da Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005).

Após a análise de todos os parâmetros, foi possível estabelecer a classificação do IQA em cada ponto estudado (Quadro 2).

Quadro 2: Valores e classificação das faixas do IQA encontrados para os pontos analisados no Rio Paraná.

Ponto amostral	IQA Campanha 1	IQA Campanha 2	Avaliação da qualidade da água
P1	90	89	Ótima
P2	90	86	
P3	90	89	
P4	91	88	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Pode-se observar que o Rio Paraná apresentou qualidade “Ótima” em todos os pontos analisados neste estudo, confirmando que a área pode ser utilizada para fins de recreação e lazer, conforme estabelecido nas Resoluções CONAMA n° 274 (BRASIL, 2000) e n° 357 (BRASIL, 2005). Este cenário confirma as preocupações em se instalar um emissário de esgotos domésticos no local, pois a longo prazo, a qualidade do rio tende a cair, possivelmente deixando de ser área de balneabilidade, o que acarretaria não somente em prejuízos ambientais, como também econômicos, uma vez que os custos de recuperação do mesmo seriam elevados e o turismo diminuiria significativamente.

4 CONCLUSÃO

Por mais que os valores dos parâmetros de qualidade da água avaliados no Rio Paraná estiveram dentro dos permitidos nas Resoluções CONAMA n° 274 (BRASIL, 2000) e CONAMA n° 357 (BRASIL, 2005), é indispensável que se faça um monitoramento constante dos pontos amostrais analisados no presente estudo, além de outros pontos do rio, para que seja possível contestar a eficiência do tratamento realizado pela ETE de Aparecida do Taboado – MS, caso o lançamento do efluente venha a alterar a qualidade deste recurso hídrico.

Como ainda existem poucos dados de análise, há a necessidade de continuar com o monitoramento do corpo hídrico, não somente antes do início do despejo, como também posteriormente para que, desta forma, torne-se possível a tomada de decisões na tentativa de preservar a qualidade hídrica do Rio Paraná.

Ademais, destaca-se o relevante papel que os índices vêm desempenhando nessa área. Com o objetivo de unificar, interpretar e divulgar dados obtidos no monitoramento ambiental, estes têm sido utilizados com êxito na caracterização da qualidade das águas.

AGRADECIMENTO

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão das bolsas de mestrado dos autores Natasha Ulhiana Ferreira Ribeiro e João Miguel Mercês Bega.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA (BRASIL). **Índice de qualidade das águas**. 2015. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#>>. Acesso em: 04 ago. 2019.

AMARO, C. A. **Proposta de um índice para avaliação de conformidade da qualidade dos corpos hídricos ao enquadramento**. 2009. 224 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-11082009-121147/publico/Cris_Dissertacao.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2020.

ANDRIETTI, G.; FREIRE, R.; AMARAL, A. G.; ALMEIDA, F. T.; BONGIOVANI, M. C.; SCHNEIDER, R. M. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 1, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1769>>. Acesso em: 05 mai. 2020.

BARBOSA, G. S. **Uso de atributos do solo na identificação de limites para preservação de Veredas no Mato Grosso do Sul**. 2016. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/143455/barbosa_gs_me_ilha.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Acesso em: 13 mai. 2020.

BRITES, A. P. Z. **Enquadramento dos corpos de água através de metas progressivas: probabilidade de ocorrência e custos de despoluição hídrica**. 2010. 177 p. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica) – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://bit.ly/30uKgd8>>. Acesso em: 05 mai. 2020.

CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. **Química Nova**, v. 23, n. 5, p. 618-622, 2000. Disponível em: <<http://www.s bq.org.br/publicacoes/quimicanova/qnol/2000/vol23n5/08.pdf>>. Acesso em: 16 mai. 2020.

CETESB (BRASIL). Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos/Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Organizadores: Carlos Jesus Brandão *et al.* São Paulo: **CETESB**; Brasília: **ANA**, 2011. 326 p. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/GuiaNacionalDeColeta.pdf>>. Acesso em: 04 ago. 2019.

CETESB (BRASIL). Índices de Qualidade das Águas: Apêndice D. São Paulo: **CETESB**, 2018. 32 p. 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: 13 mai. 2020.

CONAMA (BRASIL). Resolução n° 274, de 29 de novembro de 2000. O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2000. 3 p. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>>. Acesso em: 03 mai. 2020.

CONAMA (BRASIL). Resolução n° 357, de 17 de março de 2005. O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2005. 27 p. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 03 mai. 2020.

COSTA, H. F. **Monitoramento da qualidade da água e do uso e cobertura da terra na bacia de contribuição da represa de São Pedro, Juiz de Fora (MG) no período de 2005 a 2015**. 2016. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora,



Juiz de Fora, 2016. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/TCC-Hiago-Fernandes-Costa-FINAL1.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2020.

FONSECA, H. S., SALVADOR, N. N. B., 2005. Estudo integrado da qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Bonito em Descalvado – SP. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 64, n. 2, p. 179 - 185. Disponível em: <http://www.ial.sp.gov.br/resources/insituto-adolfo-lutz/publicacoes/rial/2000/rial64_2_completa/1037.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2020.

FRANCENER, S. F.; ANDRADE, L. R.; MOREIRA, J. P. P. C.; NUNES, M. L. A.; GOMES, J. B.; SANTOS, L. R.; NASCIMENTO, T. E. P. F.; PICCOLO, L. C. C.; RODRIGUES, E. A. D. M.; BIANQUI, W.; WEBLER, A. D.; BRUCHA, G. Avaliação do índice de balneabilidade em uma área de lazer no município de Ji-Paraná – Rondônia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19., 2011, Alagoas. **Anais**. São Paulo: ABRH, 2011. p. 1-9. Disponível em: <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/81/09f44b3b03ec92d633a2db01293fad9b_b486c4a734897208064b86613140663d.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2020.

FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE (BRASIL). Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS/Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. Brasília: **Funasa**, 2014. 112 p. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf>. Acesso em: 04 ago. 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. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande - PB, v. 16, n. 5, p.558-63, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662012000500012>. Acesso em: 05 mai. 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2010**: Resultados gerais da amostra. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ms/aparecida-do-taboado/panorama>>. Acesso em: 10 mai. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Dados de precipitação**. 2020. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 14 mai. 2020.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3ª ed. Campinas, São Paulo: Editora Átomo, 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. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v11n3/1980-993X-ambiagua-11-03-00711.pdf>>. Acesso em: 18 mai. 2020.

QUEVEDO, C. M. G.; PAGANINI, W. S. Impactos das atividades humanas sobre a dinâmica do fósforo no meio ambiente e seus reflexos na saúde pública. **Ciênc. Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro – RJ, v. 16, n. 8, p. 3529-3539, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csc/v16n8/a21v16n8.pdf>>. Acesso em: 16 mai. 2020.

RIBEIRO, E. A.; SANDRI, D.; BOÊNO, J. A. Qualidade da água de córrego em função do lançamento de efluente de abate bovino. **R. Bras. Agríc. Ambiental**, Campina Grande – PB, v. 17, n. 4, p. 425 – 433, 2013. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br/revista/v17n04/v17n04a11.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2020.

ROCHA, C. H. B.; FREITAS, F. A.; SILVA, T. M. Alterações em variáveis limnológicas de manancial de Juiz de Fora devido ao uso da terra. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande – PB, v.18, n.4, p.431-436, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v18n4/v18n04a11.pdf>>. Acesso em: 06 mai. 2020.

RODRIGUES, V. A. J. **Influência do sedimento no processo de remoção de nitrogênio por nitrificação/desnitrificação em lagoas de polimento**. 2016. 178 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016. Disponível em: <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/1064D.PDF>>. Acesso em: 16 mai. 2020.



SAAD, A. R.; SEMENSATTO JR, D. L.; AYRES, F. M.; OLIVEIRA, P.E. Índice de Qualidade da Água – IQA do reservatório do Tanque Grande, município de Guarulhos, estado de São Paulo, Brasil: 1990 – 2006. **Revista UnG – Geociências**, v.6, n.1, p.118-133, 2007. Disponível em: <<http://revistas.ung.br/index.php/geociencias/article/view/138/277>>. Acesso em: 05 mai. 2020.

SEBRAE – Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Desenvolvimento econômico territorial Mato Grosso do Sul**. 1ª ed. Aparecida do Taboado: Programa Estadual de Apoio aos Pequenos Negócios, 2016. 40 p. 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, A. E. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.; WAICHAMAN, A. V. Influência da precipitação na qualidade da água do rio Purus. **Acta Amazônica**, Manaus - AM, v. 38, n. 4, p. 733 – 742, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0044-59672008000400017&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 15 mai. 2020.

SOARES, E. M.; FERREIRA, R. L. Avaliação da qualidade da água e a importância do saneamento básico no Brasil. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, Curitiba - PR, v. 13, n. 6, 2017. Disponível em: <<https://www.uninter.com/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/article/viewFile/762/316>>. Acesso em: 30 out. 2019.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243 p.

VIEIRA, B. M. **Avaliação da qualidade das águas e de sua compatibilidade com os usos em microbacias hidrográficas rurais com déficit hídrico** quantitativo. 2015. 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/10313/1/tese_9261_Dissertacao_Beatriz_IMPRESS%c3%83OFINAL.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2020.