

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

ANÁLISE DOS BENEFÍCIOS AMBIENTAIS DE MELHORIAS EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO ATRAVÉS DA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE UM CORPO HÍDRICO RECEPTOR

*Alana Pisoni¹; Jéssica Froes de Brito Wendt²; Diego Aberto Tavares³; Rhadyja Marques Alberelo⁴;
Bruno Afonso Ramos Cassilha⁵; Murilo Duma⁶; Rafael Francis Leite⁷; Gustavo Rafael Collere
Possetti⁸ & Jussara Elias de Souza⁹*

Abstract: This study aimed to demonstrate the improvement in water quality resulting from the optimization of effluent treatment, using the Water Quality Index (WQI) and the Trophic State Index (TSI). The study area comprises the São João River, located in the municipality of Itaipulândia, Paraná, where a Wastewater Treatment Plant (WWTP) underwent significant upgrades during the analyzed period, replacing the anaerobic treatment system with a Sequencing Batch Reactor (SBR) activated sludge process. Water sampling was conducted bimonthly, from January 2024 to May 2025, at two points: upstream and downstream of the WWTP. Initially, the improvements contributed to a reduction in nutrient loads at the downstream discharge point, reflecting an enhancement in the water quality of the receiving body. The decrease in TSI values downstream—from eutrophic conditions to mesotrophic/oligotrophic starting in September 2024—suggests a trend of improvement following the gains in treatment efficiency. These results highlight that improved wastewater treatment directly impacts the water quality of the receiving body, with significant reductions in BOD and phosphorus levels, supporting the expansion of multiple water uses such as drinking water supply, recreation, and environmental conservation. Ongoing water quality monitoring enables the assessment of the effectiveness of implemented sanitation systems. Integrating these data with information on land use, population density, and climatic conditions can support the planning of corrective and preventive actions.

Resumo: O presente estudo teve como objetivo demonstrar a melhoria na qualidade da água em decorrência da otimização no tratamento dos efluentes, utilizando o Índice de Qualidade da Água (IQA) e o Índice de Estado Trófico (IET). A área de estudo compreende o Rio São João, localizado no município de Itaipulândia-PR, onde está localizada Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) que passou por melhorias significativas ao longo do período analisado, substituindo o sistema de tratamento anaeróbico pelo processo de lodos ativados por batelada (SBR). As coletas foram realizadas bimestralmente, de janeiro de 2024 a maio de 2025, em dois pontos: a montante e jusante da ETE. Inicialmente as melhorias tiveram uma contribuição para a redução da carga de nutrientes no ponto de lançamento a jusante, refletindo na melhoria na qualidade da água do corpo receptor. A queda no IET jusante, de uma situação eutrófica para mesotrófica/oligotrófica a partir de setembro de 2024, sugere uma tendência na melhoria após os avanços na eficiência do tratamento. Esses resultados mostram que o aprimoramento do tratamento de esgoto pode impactar na qualidade da água do corpo hídrico receptor, com reduções nos níveis de DBO e fósforo, refletindo na ampliação dos usos múltiplos da água, como abastecimento, recreação e preservação ambiental. A continuidade do

¹) Afiliação: Itaipu Parquetec, alanapiosoni@hotmail.com

²) Afiliação: Times New Roman, 8 pt com endereço completo, fone, fax e e-mail

monitoramento da qualidade da água permite avaliar a eficiência dos sistemas de saneamento implantados. A integração desses dados com informações sobre uso e ocupação do solo, densidade populacional e condições climáticas pode apoiar o planejamento de ações corretivas e preventivas.

Palavras-Chave – Índice de qualidade da água; Índice de estado trófico; tratamento de esgoto.

INTRODUÇÃO

A avaliação e gestão da qualidade da água são fundamentais para minimizar os impactos das atividades humanas sobre os recursos hídricos. O monitoramento desempenha um papel essencial nesse processo, ao permitir a identificação de alterações nas características físicas, químicas e biológicas da água ao longo do tempo e do espaço (Arantes; Santos, 2020). Além disso, possibilita a detecção de mudanças na qualidade da água, associadas ao uso e ocupação do solo, bem como ao despejo de efluentes, uma vez que variações nos parâmetros limnológicos podem comprometer suas características naturais (Oliveira et al., 2021).

Nesse contexto, a melhoria da eficiência do tratamento de esgoto representa uma medida para reduzir os impactos sobre os corpos hídricos, como a carga orgânica excessiva, o aumento de nutrientes e a contaminação microbiológica, especialmente em trechos de rios que recebem o efluente tratado. Avanços como a modernização de sistemas, a automação de processos, o aumento da eficiência na remoção de carga orgânica e nutrientes, além da adoção de tecnologias terciárias, colaboram para a redução dos impactos ambientais. Essas ações resultam em efluentes com melhor qualidade que, ao serem lançados nos corpos d'água, provocam menor alteração nos parâmetros físicos, químicos e biológicos, favorecendo a recuperação da qualidade da água a jusante e promovendo condições mais adequadas para a vida aquática e os múltiplos usos da água (Silva, 2020).

Para mensurar os efeitos dessas ações e compreender de forma mais abrangente os processos envolvidos, é fundamental a realização de monitoramento e análise da qualidade da água por meio de métodos hidroquímicos e amostragens em campo. Entre opções disponíveis para a avaliação dos indicadores ambientais, destacam-se o Índice de Qualidade da Água (IQA) e o Índice de Estado Trófico (IET). O IQA é um indicador amplamente utilizado desde a década de 1960, por sintetizar informações sobre diversos parâmetros de qualidade da água em um único valor (Benouara et al., 2016). Já o IET é utilizado para avaliar o grau de trofia de um corpo hídrico, com base principalmente nas concentrações de fósforo total de acordo com as características específicas do ambiente em estudo (Silva et al., 2018).

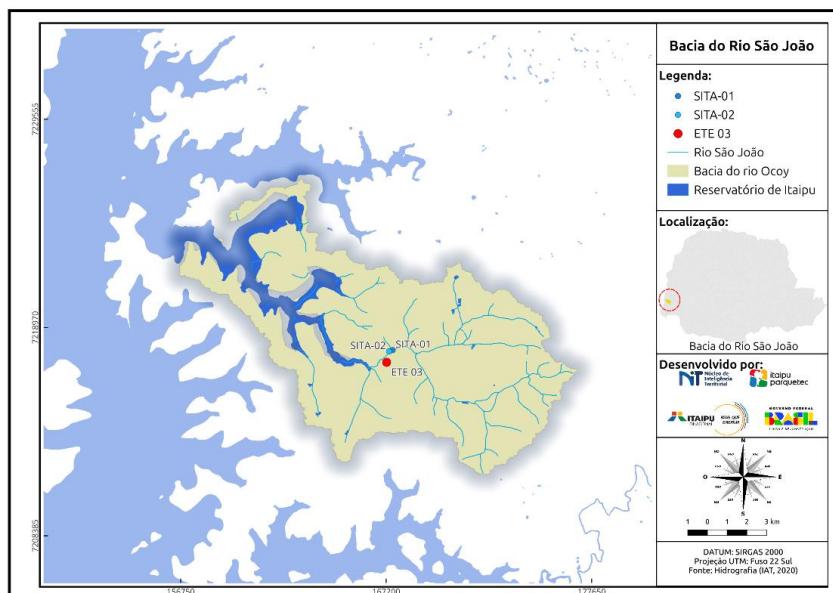
No entanto, apesar da ampla utilização do IQA e IET em estudos de qualidade da água no Brasil, ainda são escassas as análises que relacionam diretamente esses índices às melhorias pontuais no sistema de tratamento de esgoto, em rios de pequeno porte localizados em áreas de baixa densidade urbana. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo analisar a qualidade da água a montante e jusante do lançamento de efluentes tratados lançados no Rio São João, localizado no município de Itaipulândia/PR. Para isso, foram aplicados o IQA e o IET, de modo a caracterizar os impactos ambientais associados ao lançamento de efluente, antes e após as melhorias implementadas na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), contribuindo para o entendimento da dinâmica da qualidade da água na região.

METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo

A sub-bacia do rio São João, situada no estado do Paraná, integra a Bacia Hidrográfica do Paraná 3 (BP3), uma região de grande relevância hídrica e ambiental. Este estudo se concentra em pontos amostrais localizados a montante e a jusante do lançamento de efluentes oriundo de uma ETE, no município de Itaipulândia/PR. Essa ETE é responsável pelo tratamento dos efluentes urbanos que, após o processo, são lançados no rio São João — um afluente direto do reservatório de Itaipu, contribuindo com seu fluxo hídrico e com a carga orgânica, de nutrientes e outros elementos no sistema, reforçando a importância do manejo sustentável da qualidade de suas águas. A Figura 1 ilustra a localização da sub-bacia do rio São João e da ETE-01, onde o ITA-01 representa o ponto de monitoramento a montante do lançamento do efluente tratado e ITA-02 o ponto a jusante.

Figura 1. Localização da sub-bacia do Rio São João, município de Itaipulândia/PR.



Fonte: Autoria própria, 2025.

Além do lançamento da ETE, ao longo da extensão das sub-bacias da região, há diversos usos, com destaque para o cultivo agrícola e a presenças de empreendimentos industriais, como granjas, frigoríficos, abatedouros, laticínios, unidades de aquicultura e cooperativas agroindustriais. Essas atividades também contribuem como fontes potenciais de cargas orgânicas e de nutrientes nos corpos hídricos e, consequentemente, no reservatório de Itaipu. A Bacia Hidrográfica do Paraná 3 enfrenta desafios significativos relacionados ao estresse hídrico, decorrentes da intensa demanda por recursos hídricos para consumo humano e atividades agropecuárias. Estudos indicam a necessidade de uma gestão integrada e sustentável para assegurar a disponibilidade e qualidade da água na região (Rocha e Bade, 2018).

Estação de Tratamento de Esgoto (ETE-01)

Iniciativas estratégicas têm buscado ampliar o acesso ao saneamento básico em municípios da região oeste do Paraná, com destaque para o convênio firmado entre Itaipu Binacional, Sanepar e Itaipu Parquetec. Com um investimento de aproximadamente R\$ 184 milhões, o projeto abrange seis municípios — Santa Helena, Medianeira, Itaipulândia, Ramilândia, Missal e Serranópolis do Iguaçu —, abrangendo uma população urbana de 92.115 habitantes. As ações previstas incluem a implementação de redes coletoras, estações elevatórias e a ampliação de estações de tratamento de esgoto (Itaipu Parquetec, 2024).

Essas ações têm o potencial de beneficiar diretamente milhares de famílias. Em Itaipulândia, espera-se alcançar um IARCE de 70%. Além disso, a ETE-01 passará a receber o esgoto coletado do município vizinho (Missal), que deverá atingir um IARCE estimado de 90%. Essas iniciativas contribuem diretamente para as metas do Marco Legal do Saneamento, promovendo o desenvolvimento regional e promovendo segurança hídrica (Itaipu Parquetec, 2024).

A ETE-01, situada em Itaipulândia/PR, passou por significativas melhorias estruturais e operacionais, conforme descrito na Tabela 1. Importante destacar que essa estação será responsável pelo tratamento dos efluentes provenientes não apenas de Itaipulândia, mas também do município de Missal, ampliando sua abrangência e relevância regional.

Tabela 1. Caracterização de cenários antes e após as obras de implementação na ETE-01.

	Anterior as implementações	Após a conclusão das implementações
Sistema de tratamento	<ul style="list-style-type: none"> ● Sistema preliminar ● Reator anaeróbio (RALF) ● Filtro anaeróbio ● Leitos de secagem de lodo 	<ul style="list-style-type: none"> ● Sistema preliminar ● Lodos ativados por batelada (SBR) ● Adensador ● Sistema de desaguamento mecânico de lodo
Número de economias de esgoto residenciais	1.660	2.087
Volume de esgoto coletado (m ³ /mês)	17.931	24.882
Vazão média de afluente (L/s)	27,00	36,83
DBO (mg/L)	90,00	15,00
DQO (mg/L)	225,00	70,00
Sólidos suspensos (mg/L)	100,00	< 20
Nitrogênio total (mg/L)	-	< 10
Fósforo total (mg/L)	-	< 1

Fonte: Autoria própria, 2025.

Coleta e Análise das Amostras

Para mensurar a qualidade da água nos corpos hídricos localizados na sub-bacia do Rio São João, foram utilizados dados provenientes de campanhas de monitoramento realizadas bimestralmente, no período de janeiro de 2024 a maio de 2025, em dois pontos amostrais: a montante (ITA-01) e jusante (ITA-02) do lançamento de efluente tratado da ETE-01, com objetivo de caracterizar o corpo hídrico e acompanhar eventuais alterações na qualidade da água.

A análise da qualidade da água foi realizada com base no Índice de Qualidade da Água (IQA) e no Índice do Estado Trófico (IET), utilizando os dados obtidos em cada campanha de monitoramento. As coletas e medições em campo foram realizadas com o auxílio de uma sonda multiparâmetro Exo, e as análises laboratoriais seguiram os protocolos estabelecidos no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, e foram realizados nos laboratórios da Itaipu Binacional e do Itaipu Parquetec.

Foram avaliados os seguintes parâmetros físico-químicos e microbiológicos: oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes totais e termotolerantes (E. Coli), nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais, pH, turbidez e temperatura.

Índice de Qualidade da Água (IQA)

O IQA adotado neste estudo é o mesmo utilizado pela Agência Nacional de Águas (ANA), baseado na adaptação do índice da *National Sanitation Foundation* (NSF). Esse índice considera os nove parâmetros analisados. Cada um desses parâmetros recebe um peso específico, refletindo sua relevância na avaliação da qualidade da água e sua susceptibilidade à contaminação por esgotos sanitários e outros poluentes orgânicos.

O IQA (Equação 1) é calculado por meio do produto ponderado dos parâmetros mencionados:

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

Onde:

1. **IQA:** Índice de Qualidade da Água;
2. **q_i:** qualidade do i-ésimo parâmetro;
3. **w_i:** peso atribuído ao i-ésimo parâmetro;
4. **n:** número total de parâmetros considerados.

A classificação do IQA varia de 0 a 100, sendo que valores mais altos indicam melhor qualidade da água (Tabela 2).

Tabela 2 - Intervalo de classificação IQA.

Classificação	Intervalo
Ótima	91 < IQA ≤ 100
Boa	71 < IQA ≤ 90
Razoável	51 < IQA ≤ 70
Ruim	26 < IQA ≤ 50
Péssima	0 < IQA ≤ 25

Fonte: Adaptado de CETESB (2007)

Índice de Estado Trófico (IET)

O IET para uso específico em corpos d'água brasileiros, é utilizado para avaliar o grau de eutrofização de corpos d'água, como lagos e reservatórios. A eutrofização é um processo natural ou acelerado pela atividade humana, que resulta no enriquecimento excessivo de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, levando ao crescimento excessivo de algas e outras plantas aquáticas. Este crescimento exagerado pode causar vários problemas ambientais, como a diminuição do oxigênio dissolvido, a morte de organismos aquáticos e a deterioração da qualidade da água (CETESB, 2007).

Assim, os resultados do índice calculados a partir dos valores de fósforo total (PT) (Equação 2), são uma medida do potencial de eutrofização sendo que esse nutriente atua como o agente causador do processo.

$$IET(PT) = 10 \cdot \left(6 - \frac{0.42 - 0.36 \cdot \ln(PT)}{\ln 2} \right) - 20 \quad (2)$$

A classificação do IET varia entre: Ultraoligotrófico, Oligotrófico, Mesotrófico, Eutrófico, Supereutrófico e Hipereutrófico (Tabela 3).

Tabela 3 – Intervalo de classificação IET.

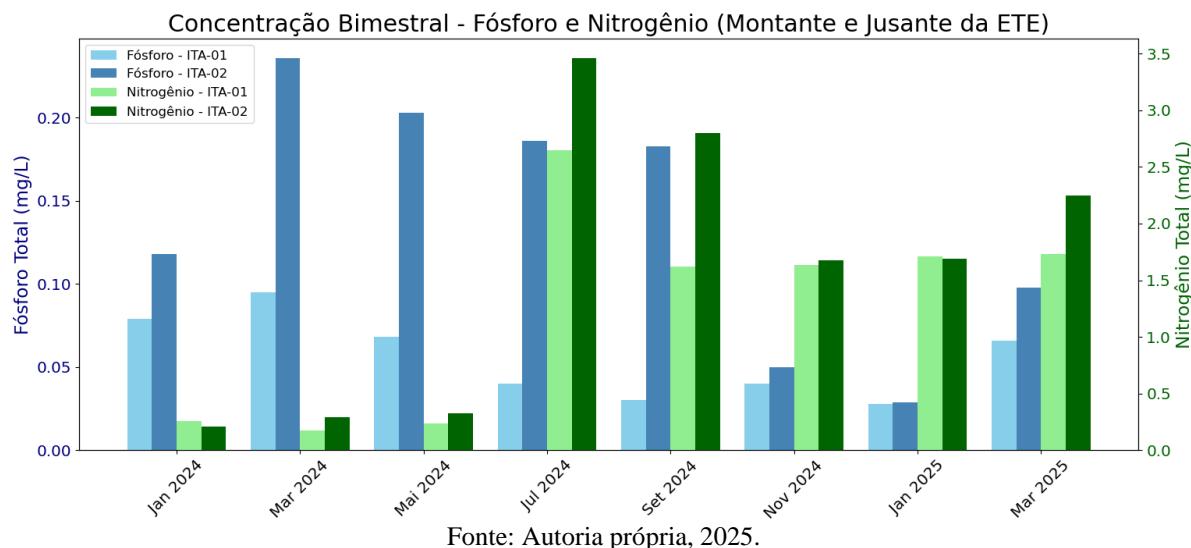
Classificação	Intervalo
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$
Hipereutrófico	$IET > 67$

Fonte: Adaptado de CETESB (2007)

RESULTADOS

Na análise do rio São João, a Figura 2 apresenta a variação bimestral das concentrações de fósforo total (eixo esquerdo) e nitrogênio total (eixo direito), nota-se que em todos os meses avaliados, o ponto a jusante (ITA-02) apresentou concentrações mais elevadas do que o ponto a montante (ITA-01). Até o mês de setembro de 2024, as concentrações de fósforo total a jusante, ficaram acima do limite para rios Classe 2 (0,050 mg/L, segundo a Resolução CONAMA 357/2005), possivelmente devido a alterações no efluente tratado, mudanças no fluxo do rio, eventos climáticos ou fontes difusas como atividades pecuárias.

Figura 2 – Variação temporal das concentrações de Fósforo total e nitrogênio total nos pontos de monitoramento a montante e jusante do lançamento de efluente tratado no rio São João, Itaipulândia/PR.



Fonte: Autoria própria, 2025.

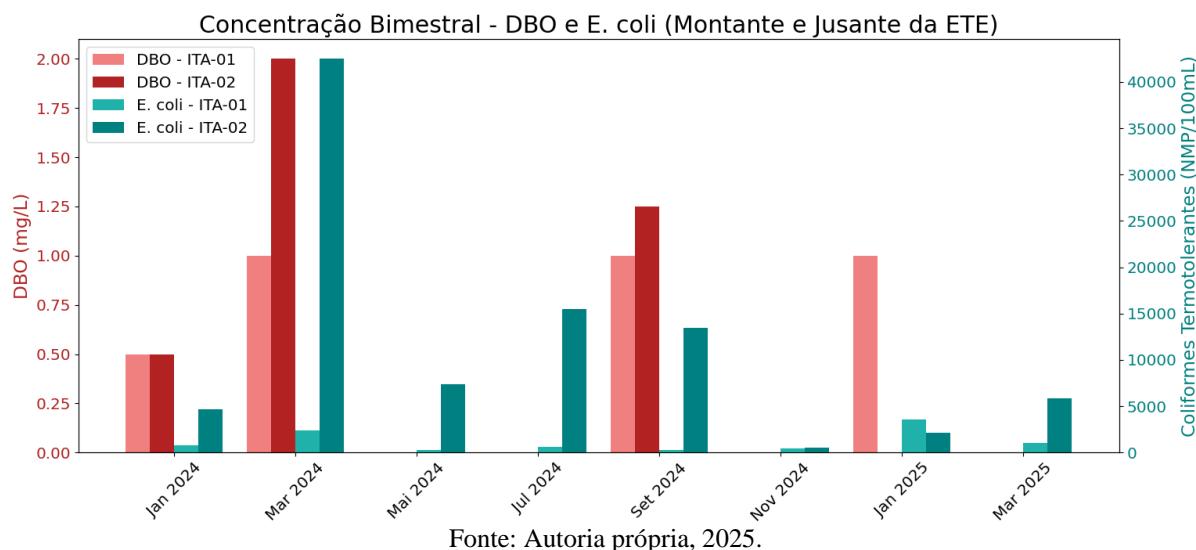
De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, para corpos d'água de classe 2, o nitrogênio total deve ser mantido preferencialmente abaixo de 2,18 mg/L para proteção da vida aquática. Os dados evidenciam que em diversos meses os valores medidos, ultrapassam esse limite a jusante, podendo comprometer a qualidade da água do corpo receptor e favorecer processos como eutrofização. Ao contrário dos demais parâmetros, o nitrogênio total apresentou aumento a partir de julho de 2024, tanto a montante quanto a jusante da ETE. Esse comportamento pode indicar uma mudança nas características do efluente tratado, com maior contribuição de compostos nitrogenados, ou de contribuições de fontes difusas.

Por outro lado, observa-se uma tendência de melhoria no indicador fósforo a partir do segundo semestre de 2024, com uma tendência de decaimento nas concentrações em ITA-02 e estabilidade nas concentrações de fósforo montante e jusante, possivelmente refletindo os efeitos das melhorias

estruturais implementadas na ETE-01. Essa evolução positiva sugere um aumento da eficiência do sistema de tratamento.

Na análise da variação temporal das concentrações de DBO e E. Coli nos pontos monitorados (Figura 3), observa-se que os valores de DBO são iguais ou superiores nos dois pontos amostrais, o que indica a influência do efluente tratado no aumento da matéria orgânica biodegradável. No caso da E. Coli, há uma diferença significativa entre os pontos montante e jusante do lançamento de efluente tratado. A partir de setembro de 2024, observa-se uma redução mais acentuada nos valores de DBO e E. Coli em ambos os pontos, indicando melhoria na qualidade da água.

Figura 3 – Variação temporal das concentrações de DBO e E. Coli nos pontos de monitoramento a montante e jusante do lançamento de efluente tratado no rio São João, Itaipulândia/PR.



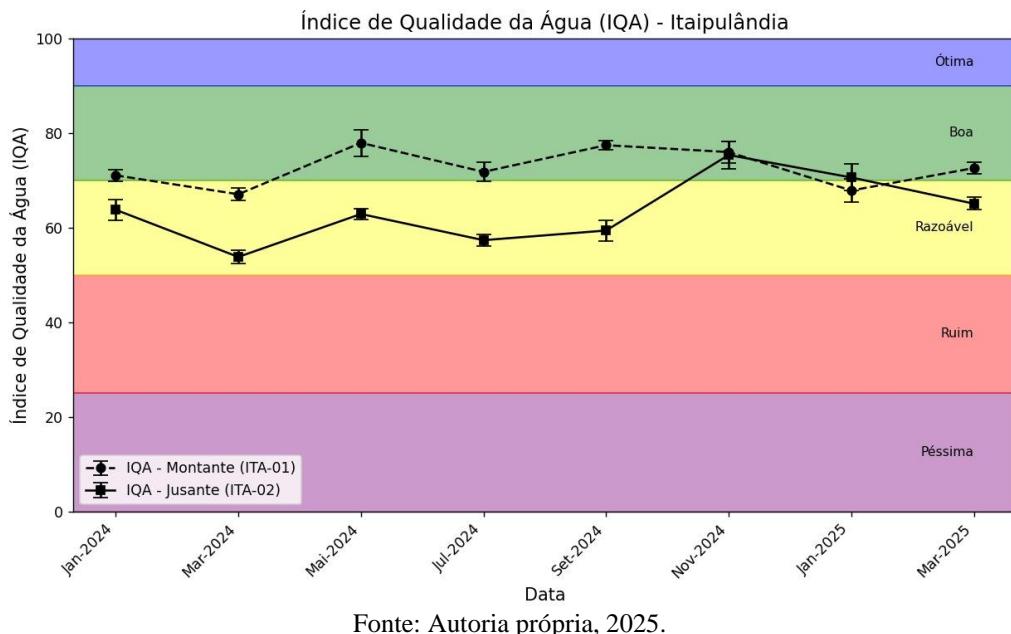
Fonte: Autoria própria, 2025.

Deve-se considerar que em setembro de 2024, a transição tecnológica do sistema de tratamento de esgoto de Itaipulândia/PR foi finalizada, com uma maior eficiência no tratamento biológico. Além disso, o regime de operação mudou de contínuo para ciclos intermitentes, com descargas a cada quatro horas. Essa transição pode ter contribuído, inicialmente, para a redução da carga de nutrientes e matéria orgânica lançada no corpo hídrico, o que pode refletir na melhoria na qualidade da água a jusante da estação ao longo do tempo.

É importante destacar que o monitoramento deve ser mantido, para que haja uma análise de tendência sazonal e anual dos parâmetros com séries temporais mais longas. A elevação nas concentrações da E. Coli pode estar relacionada, além dos lançamentos pontuais, à presença de animais nas margens do rio e a atividades humanas, principalmente nos finais de semanas e feriados, em uma área de lazer desprovida de infraestrutura de saneamento básico.

Os resultados do IQA (Figura 4) classificam os pontos a montante e jusante da ETE-01 como razoável ou bom, refletindo a evolução da qualidade hídrica ao longo do tempo. Após a melhoria na eficiência do tratamento na ETE-01, observou-se uma menor diferença entre os pontos, indicando menor esforço do rio na autodepuração do efluente lançado.

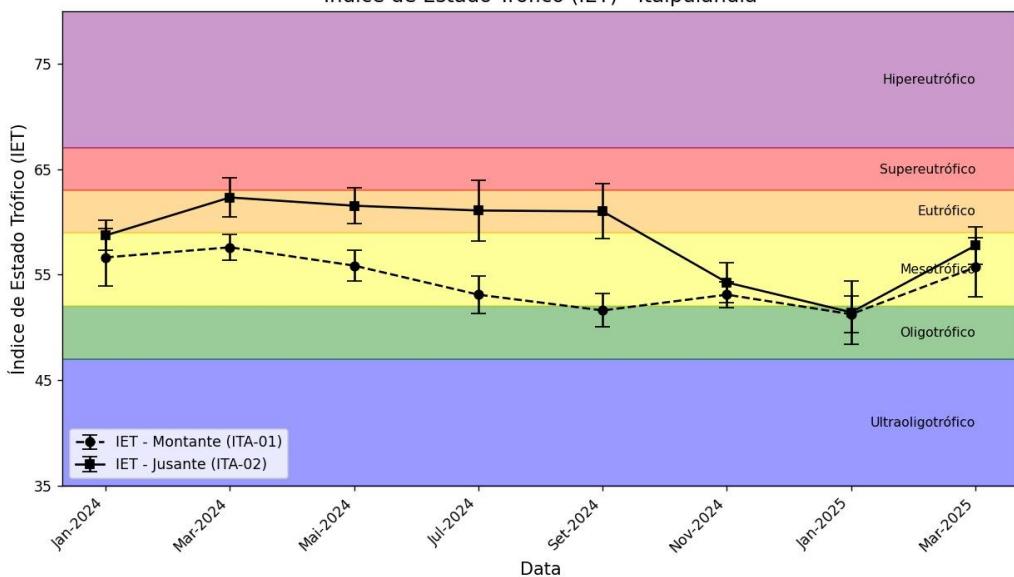
Figura 4 – Índice de Qualidade da água do Rio São João a montante e jusante do lançamento da ET-03.



Fonte: Autoria própria, 2025.

O grau de trofia dos pontos monitorados foi determinado por meio do IET, estimado com base na concentração de fósforo total, parâmetro-chave na avaliação do potencial de eutrofização em ambientes lóticos. Ao longo das 08 campanhas amostrais, o ponto a montante apresentou classificação mesotrófica. Já o ponto a jusante variou inicialmente de mesotrófico (44%) a eutrófico (56%), refletindo maior aporte de nutrientes nesse trecho (Figura 5). Na maioria dos períodos, os valores de IET em ITA-02 são maiores que ITA-01, o que sugere influência do lançamento de efluente tratado. A partir do segundo semestre de 2024, observa-se uma redução no IET a jusante, indicando melhora na qualidade da água, com uma tendência de recuperação da qualidade da água impactada pelo lançamento de efluente.

Figura 5 – Índice de Estado Trófico do Rio São João a montante e jusante do lançamento da ET-03.
Índice de Estado Trófico (IET) - Itaipulândia



Fonte: Autoria própria, 2025.

O aumento do IET em março de 2025 pode refletir desafios típicos da fase inicial de estabilização do novo sistema de tratamento. No entanto, como o aumento ocorreu em ambos os

pontos, é provável que outros fatores ambientais e antrópicos, como a redução da vazão do rio ou a presença de fontes difusas de nutrientes, também tenham contribuído. A tendência de recuperação observada sugere que o novo sistema tem potencial para mitigar esses impactos. Apesar da predominância de classificações de boa a razoável na qualidade da água, a persistência de momentos com IET eutrófico, aponta para a necessidade contínua de aprimoramentos na eficiência do tratamento.

Estudos nacionais e internacionais corroboram o uso do IQA como ferramenta eficaz para detectar e avaliar os impactos antrópicos em ambientes aquáticos, destacando seu papel em diferentes contextos hidrológicos e climáticos, como Karunanidhi et al. (2020), por exemplo, que aplicaram o IQA no rio Shanmuganadhi, sul da Índia, e observaram que cerca de 52% das amostras indicavam qualidade ruim ou péssima. De forma semelhante, Chabuk et al. (2019) demonstraram a influência das atividades humanas nos resultados do IQA no rio Tigre, no Iraque.

No contexto nacional, Santos et al. (2018), realizaram análises físico-químicas e microbiológicas na Bacia Costeira do Sapucaia, além da avaliação do estado trófico das mesmas. Os resultados apontaram que as fontes de contaminação antrópica podem contribuir em longo prazo para o processo de degradação e eutrofização dos corpos d'água. A caracterização detalhada mostrou-se fundamental para o entendimento da dinâmica ambiental local e regional. Os resultados destes estudos reforçam a importância do monitoramento contínuo e da adoção de estratégias de gestão para preservar a qualidade da água.

CONCLUSÃO

Com o uso dos índices como o IQA e IET foi possível avaliar a qualidade da água identificar tendências ao longo do tempo. No entanto, a qualidade da água pode sofrer variações em função do clima, das características físicas e biológicas dos ecossistemas. Processos naturais, como a precipitação e o escoamento superficial, podem influenciar na concentração de sólidos, nutrientes e compostos orgânicos transportados para os corpos d'água.

A análise dos dados mostrou que a maior eficiência no tratamento de efluente, inicialmente contribuiu para uma redução da carga de nutrientes no ponto jusante, melhorando a qualidade da água e os índices de IET e IQA. O acompanhamento contínuo da qualidade da água nos pontos de montante e jusante é indispensável para uma melhor compreensão das influências que afetam a qualidade da água garantindo a integridade do corpo hídrico e a segurança hídrica da região. Estudos futuros podem considerar a correlação desses índices com variáveis ambientais, como precipitação e vazão, para uma análise mais aprofundada das tendências observadas.

A integração desses dados pode contribuir significativamente para o desenvolvimento de estratégias de gestão sustentável, permitindo a identificação de fontes de contaminação e a implementação de medidas corretivas, como melhorias da eficiência do tratamento das ETEs, visando a melhoria da qualidade da água e à preservação dos ecossistemas aquáticos. Essas melhorias reforçam o compromisso com a universalização do saneamento e a sustentabilidade ambiental na região oeste do Paraná, promovendo saúde pública e conservação dos recursos hídricos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro fomentado pela Itaipu Binacional, Itaipu Parquetec e SANEPAR (convênio nº 4500059434/4500059435 - 2020) para o desenvolvimento das atividades de pesquisa no Projeto SANEPAR – II

REFERÊNCIAS

- APHA; AWWA; WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22nd ed. Washington, D.C.: American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environment Federation, 2012.
- ARANTES, J. O.; SANTOS, G. O. 2020. *Monitoramento qualitativo da água do ribeirão Abóbora do município de Rio Verde GO, como instrumento de gestão de recursos hídricos*. Tecnologia e Ambiente, Criciúma, v. 26, p. 158–165.
- BENOUARA, N. et al. (2016). *Assessment of groundwater quality in the Seraidi region (north-east of Algeria) using NSF-WQI*. Water Sci. Technol. Water Supply.
- CETESB (2007). *Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo: 2006*. São Paulo: CETESB.
- CHABUK, Ali et al. (2019). *Water quality assessment along Tigris River (Iraq) using water quality index (WQI) and GIS software*. Arabian Journal of Geosciences, v.13, n.14, dez. 2019, pp.1-16.
- ITAIPU PARQUETEC. Itaipu, Sanepar e PTI-BR anunciam investimentos de R\$84,6 milhões em saneamento e segurança hídrica. [S.l.: s.n.], maio 2024. [Itaipu, Sanepar e PTI-BR anunciam investimentos de R\\$ 84,6 milhões em saneamento e segurança hídrica - Itaipu Parquetec](#). Acessado em 14 de maio de 2025.
- KARUNANIDHI, D. et al. (2020). *Quality Index (WQI) method in the Shanmuganadhi River basin of South India*. Environmental Geochemistry and Health, v.43, n.2, jun. 2020, pp.1-100.
- OLIVEIRA, A. S. de et al. (2021). *Correlação da qualidade de água bruta e doenças de veiculação hídrica em Três Corações/MG*. Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais, v.12, n.4, pp. 337-352.
- ROCHA, A. S. da; BADE, M. R. (2018). *Geografia da bacia hidrográfica do Paraná 3: fragilidades e potencialidades socioambientais*. Jundiaí, SP: Ed. In House, 312 p.
- SANTOS, R. C. L. et al. (2018). *Aplicação de índices para avaliação da qualidade da água da Bacia Costeira do Sapucaia em Sergipe*. Eng. Sanit. Ambient., v. 23, n. 1, pp. 33-46.
- SILVA, D. C. V. R. *Avaliação da eficiência de um índice de estado trófico na determinação da qualidade da água de reservatórios para abastecimento público*. Engenharia Sanitária e Ambiental, 23, 2018.
- SILVA, L. F. M. (2020). *Desempenho de estações de tratamento de esgoto e impactos de seus efluentes em corpos de água receptores em Minas Gerais*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais.