

## XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

### **AVALIAÇÃO ESPACIAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO BITURY (PE) COM BASE NO IQA E NOS IMPACTOS ANTRÓPICOS**

*Thaise de Souza Santos<sup>1</sup>; Felipe Filgueiras de Almeida<sup>2</sup>; Fabrício Eduardo Silva de Lima<sup>2</sup>;*

*Elizabeth Pastich Amaral Gonçalves<sup>3</sup>; Sávvia Gavazza<sup>4</sup>*

**Abstract:** This study aims to evaluate the water quality of the Bitury River, located in the watershed of the municipality of Belo Jardim – PE, using the Water Quality Index (WQI) as the main diagnostic tool. The analysis was based on data collected from September 2024 to April 2025 at ten sampling points, considering upstream, urban, and downstream sections of the city. Physicochemical and microbiological parameters were evaluated, such as turbidity, total solids, total phosphorus, thermotolerant coliforms, among others. The characterization of land use and land cover based on satellite imagery revealed urban intensification and the expansion of pasture areas in recent decades. Upstream points showed better quality indices, classified in Classes 1 and 2 according to CONAMA Resolution 357/2005, while urban and downstream sections showed significant deterioration, with critical values of biological oxygen demand, coliforms, and nutrients, indicating strong anthropogenic influence. The partial results highlight the need for integrated watershed management and revitalization strategies, especially regarding sewage discharge control and sludge management from the Water Treatment Plant (WTP).

**Keywords** – Water quality; Watershed management; Anthropogenic impact.

**Resumo:** Este estudo visa avaliar a qualidade da água do rio Bitury, localizado na microbacia hidrográfica do município de Belo Jardim – PE, utilizando o Índice de Qualidade da Água (IQA) como principal ferramenta de diagnóstico. A análise baseou-se em dados obtidos de setembro de 2024 a abril de 2025 em dez pontos de coleta, considerando trechos a montante, urbanos e a jusante da cidade. Foram avaliados parâmetros físico-químicos e microbiológicos, como turbidez, sólidos totais, fósforo total, coliformes termotolerantes, entre outros. A caracterização do uso e ocupação do solo com base em imagens de satélite revelou intensificação urbana e expansão de áreas de pastagem nas últimas décadas. Os pontos a montante apresentaram melhores índices de qualidade, com classificação nas Classes 1 e 2 segundo o CONAMA 357/2005, enquanto os trechos urbanos e a jusante mostraram deterioração significativa, com valores críticos de demanda biológica de oxigênio, coliformes e nutrientes, indicando forte influência antrópica. Os resultados parciais evidenciam a necessidade de estratégias integradas de gestão e revitalização da bacia, sobretudo no controle de lançamentos de esgoto e manejo de resíduos da Estação de Tratamento de Água (ETA).

**Palavras-Chave** – Qualidade da água; Gestão de recursos hídricos; Impactos antrópicos.

1) Mestrando(a) do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Av. da Arquitetura, s/n – Cidade Universitária, Recife – PE, CEP: 50740-550, número: (81) 2126-8977. E-mail: thaise.santos@ufpe.br

2) Doutorando(a) do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Av. da Arquitetura, s/n – Cidade Universitária, Recife – PE, CEP: 50740-550, número: (81) 2126-8977 E-mail: felipe.filgueiras@ufpe.br; fabricio.eduardo@ufpe.br

3) Docente do Núcleo de Tecnologia (NTCA) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) - Centro Acadêmico do Agreste, Rodovia BR-104, KM 59, s/n, Nova Caruaru, Caruaru – PE, CEP: 55014-900, número: (81) 2103-9156. E-mail: elizabeth.golcanve@ufpe.br

4) Docente do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental (DECIV) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Av. da Arquitetura, s/n – Cidade Universitária, Recife – PE, CEP: 50740-550, número: (81) 2126-8219. E-mail: savia@ufpe.br

## INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do Rio Ipojuca, com aproximadamente 320 km de extensão, representa um sistema hidrográfico de grande importância no estado de Pernambuco, atravessando 25 municípios (APAC, 2024; Araújo, 2020). No município de Belo Jardim, inserido na bacia hidrográfica do Rio Ipojuca, encontra-se a microbacia do rio Bitury, considerada a mais significativa da região (Paiva, 2005).

O rio Bitury enfrenta impactos ambientais crescentes, sobretudo pelo lançamento de esgoto doméstico in natura e pelo descarte inadequado de lodo proveniente da Estação de Tratamento de Água (ETA) de Belo Jardim, onde se utiliza sulfato de alumínio como coagulante (Pozzer, 2022). Estudos indicam que resíduos gerados por ETAs podem conter metais e microrganismos patogênicos, afetando diretamente os sedimentos e a biota aquática (Aboy, 1999).

A crescente intensificação de atividades antrópicas nas bacias hidrográficas tem promovido alterações significativas na qualidade da água, demandando métodos eficazes para seu monitoramento e gestão (Bettencourt *et al.*, 2021; Castro *et al.*, 2023). Entre os instrumentos amplamente utilizados está o Índice de Qualidade da Água (IQA), desenvolvido originalmente pela *National Sanitation Foundation* e adaptado ao contexto brasileiro pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. Essa ferramenta sintetiza múltiplos parâmetros físico-químicos e microbiológicos em um único valor representativo da condição do recurso hídrico, sendo amplamente aplicada na avaliação de mananciais destinados ao abastecimento público (CETESB, 2020; Valentini *et al.*, 2021; Ponsadailakshmi *et al.*, 2018). Quando associado a análises específicas o IQA oferece uma visão integrada sobre o estado ecológico de corpos d'água, permitindo identificar áreas críticas e orientar políticas públicas de recuperação Ambiental (CETESB, 2020; Sperling, 2014).

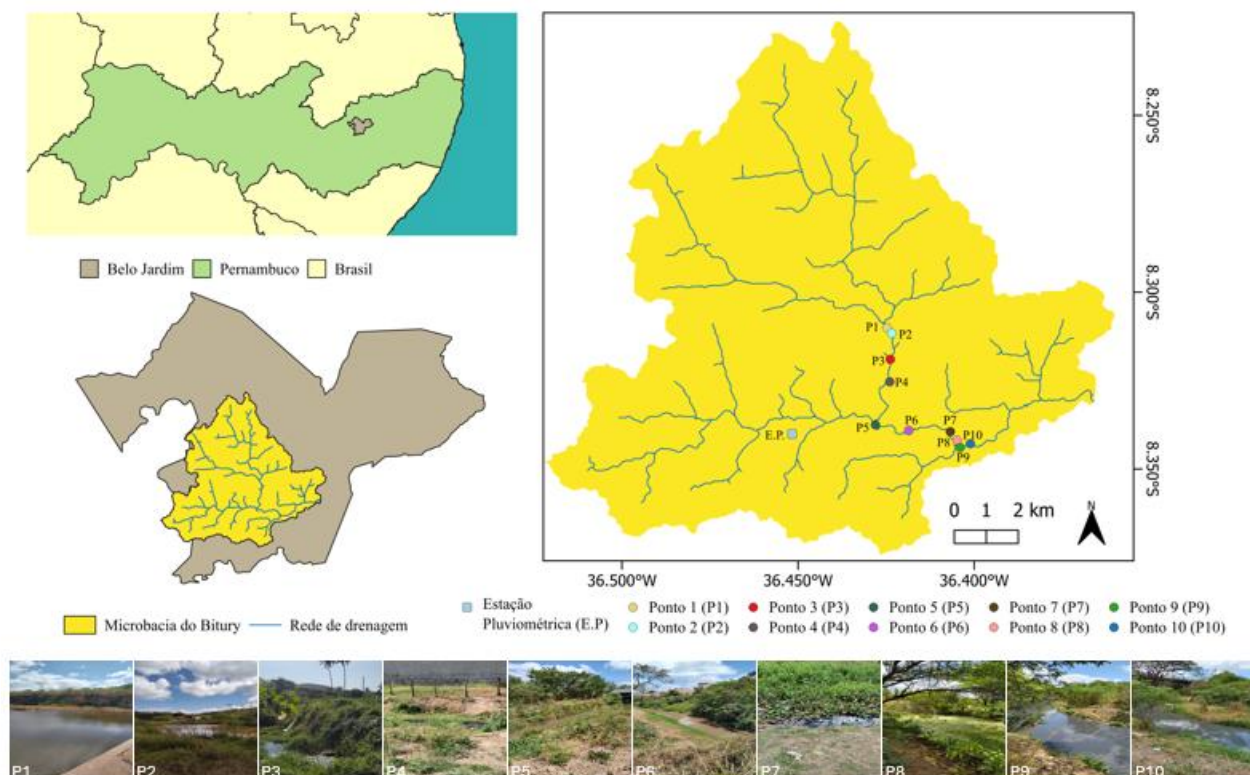
Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo principal realizar uma avaliação ambiental integrada do rio Bitury, utilizando o IQA como ferramenta central. A proposta visa compreender os impactos decorrentes das atividades antrópicas sobre a qualidade da água e identificar possíveis riscos à saúde ambiental e humana, fornecendo subsídios técnicos para a gestão sustentável dos recursos hídricos locais.

## METODOLOGIA

### Área de estudo e caracterização

A pesquisa foi realizada na microbacia hidrográfica do rio Bitury (Figura 1), localizada no município de Belo Jardim – PE. A caracterização da área de estudo foi realizada com base em imagem de satélite LANDSAT-8 e análise de uso e ocupação do solo da microbacia do rio Bitury. Para isso, foram utilizados os softwares QGIS (v. 3.38) e GRASS GIS, integrando ferramentas de geoprocessamento e Modelos Numéricos de Terreno (MNT) obtidos do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). A classificação do uso da terra baseou-se em dados da Coleção 9.0 do MapBiomas, acessados via Google Earth Engine, permitindo a quantificação das classes de cobertura com base em histogramas zonais. Os produtos cartográficos foram projetados no sistema de coordenadas UTM, zona 24S, datum SIRGAS 2000 (IBGE, 2005).

Figura 1 – Localização dos pontos de coleta na microbacia do Rio Bitury, Belo Jardim – PE.



Fonte: Os autores (2025).

## Coleta de amostras

As amostras de água e sedimento foram coletadas em dez (10) pontos estratégicos ao longo do rio Bitury, considerando trechos a montante e jusante da área urbana da cidade (Tabela 1; Figura 1). Os pontos foram georreferenciados com auxílio de GPS e as coletas ocorrem mensalmente desde setembro de 2024 com previsão de término em agosto de 2025 para representar as mudanças durante um (1) ano de coleta. A coleta da água superficial foi realizada em duplicata com frascos estéreis e acondicionada em caixas térmicas para transporte imediato ao Laboratório de Engenharia Ambiental (LEA) localizado na Universidade Federal de Pernambuco no Campus do Agreste (UFPE-CAA) em Caruaru – PE. (CETESB; ANA, 2011).

Tabela 1 – Pontos de monitoramento na microbacia do Rio Bitury, Belo Jardim – PE.

Pontos	Identificação	Latitude	Longitude
Ponto 1 (P1)	Barragem Severino Guerra – Barragem do Rio Bitury	8°31'04.86"S	36°42'51.52"O
Ponto 2 (P2)	Próximo ao descarte do lodo de ETA	8°31'20.91"S	36°42'37.91"O
Ponto 3 (P3)	Após o lançamento de lodo de ETA	8°31'94.44"S	36°42'41.58"O
Ponto 4 (P4)	Antes de cruzar o perímetro urbano	8°32'57.94"S	36°42'42.80"O
Ponto 5 (P5)	Primeiro ponto dentro do perímetro urbano (1/3)	8°33'79.99"S	36°42'82.69"O
Ponto 6 (P6)	Segundo ponto dentro do perímetro urbano (2/3)	8°33'95.44"S	36°41'87.94"O

Ponto 7 (P7)	Terceiro ponto dentro do perímetro urbano (3/3)	8°33'98.08"S 36°40'69.83"O
Ponto 8 (P8)	Próximo à Estação de Tratamento de Efluentes (ETE)	8°34'21.99"S 36°40'51.02"O
Ponto 9 (P9)	Após a ETE	8°34'42.86"S 36°40'41.61"O
Ponto 10 (P10)	Distante do perímetro urbano da cidade	8°34'31.80"S 36°40'12.91"O

## Parâmetros analisados

O cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA) segue a metodologia proposta pela CETESB (2020), utilizando os nove parâmetros e seus respectivos pesos para o cálculo do índice geral (Equação 1).

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

Onde o *IQA* corresponde a valores entre 0 e 100; *qi* é referente ao corresponde i-ésimo parâmetro que corresponde a um número entre 0 e 100; e *wi* é referente aos pesos expressos na Tabela 2 e corresponde a um número entre 0 e 1 e a soma dos pesos é igual a 1; *i* é o número do parâmetro variando de 1 a 9; *n* é o número total de parâmetros, ou seja, *n* = 9 (Sperling, 2014).

Para o cálculo individual de cada parâmetro, foram utilizadas as equações representativas das curvas de qualidade da *National Sanitation Foundation*, adaptadas pela CETESB (2020). A base conceitual da metodologia é fundamentada em Sperling (2014), que reforça a importância do IQA como ferramenta integrada para avaliação da qualidade hídrica. A classificação da qualidade de água é realizada de acordo com o que foi adaptado e proposto pela CETESB (2020) onde é proposto que as águas podem ser classificadas em péssimas ( $0 \leq IQA < 20$ ), ruins ( $20 \leq IQA < 37$ ), regulares ( $37 \leq IQA < 52$ ), boas ( $52 \leq IQA < 80$ ) e excelentes ( $80 \leq IQA \leq 100$ ).

Além disso, os resultados foram avaliados também de acordo com os critérios estabelecidos no CONAMA 357/2005 para a classificação de rios de água doce (Classe 2). As análises dos parâmetros citados no índice seguem as metodologias propostas pela Standard Methods for the Examination of water and wastewater (APHA, 2012).

Tabela 2 – Parâmetros e respectivos pesos para o cálculo do IQA.

Parâmetros do IQA	Pesos (w)
Oxigênio Dissolvido (OD)	0,17
Coliformes Termotolerantes	0,15
Potencial Hidrogeniônico (pH)	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	0,10
Temperatura (T)	0,10
Nitrogênio total (NTK)	0,10
Fósforo total (PT)	0,10
Turbidez (TUR)	0,08
Sólidos Totais (ST)	0,08

Fonte: CETESB, 2020.

## RESULTADOS PARCIAIS

### Caracterização do uso e ocupação do solo

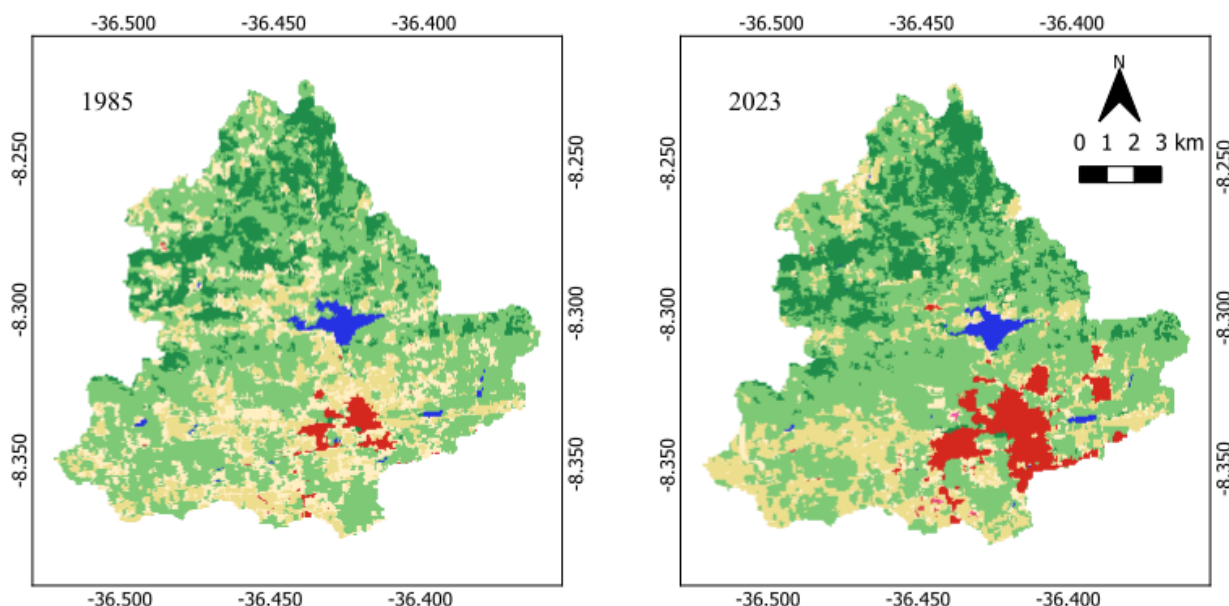
A análise da evolução do uso e ocupação do solo na microbacia do Rio Bitury entre 1985 e 2023 (Figura 2) revela mudanças significativas nos padrões de uso da terra, evidenciando a intensificação de atividades antrópicas. Houve um aumento expressivo na área urbanizada, que passou de 2,69 km<sup>2</sup> para 10,23 km<sup>2</sup>, sendo um aumento de aproximadamente 280% em 38 anos, destacando o processo de urbanização e expansão da infraestrutura na região.

Paralelamente, observou-se uma redução na classe "Mosaico de Usos", indicando a conversão dessas áreas para outros usos mais especializados, como pastagem, que também apresentou crescimento notável de aproximadamente 27%. Esse aumento reflete o impacto das práticas agropecuárias na dinâmica da microbacia. Apesar disso, a formação florestal registrou um aumento de 22,39 km<sup>2</sup> para 25,63 km<sup>2</sup> (aumento de aproximadamente 15%), sugerindo esforços de conservação e recuperação ambiental e os benefícios disso discutido por Miranda *et al.* (2020).










Esses dados apontam para um cenário de uso multifuncional da terra, com desafios relacionados à urbanização e ao manejo sustentável dos recursos naturais encontrados também em diversas outras regiões brasileiras como citado por Castro e Pereira (2019, p. 54), especialmente considerando a redução de aproximadamente 18% da categoria "Rio, Lago e Oceano", que pode indicar pressões sobre os recursos hídricos.

Figura 2 – Mapa de uso e ocupação do solo na microbacia do Rio Bitury de 1985 e de 2023 em Belo Jardim – PE.





Comparativo do uso e ocupação do solo (1985 | 2023)

 Formação Florestal (22,39%   25,64%)	 Área Urbana (2,69%   10,23%)
 Formação Savânica (82,97%   86,57%)	 Outras áreas não vegetadas (0,15%   0,26%)
 Formação Campestre (0,01%   0,06%)	 Rio, lago e oceano (2,50%   2,11%)
 Pastagem (21,34%   27,10%)	 Outras lavouras temporárias (0,00%   0,09%)
 Mosaíco de Usos (28,90%   8,92%)	

Fonte: Os autores (2025).

## Variações espaciais e de tempo dos parâmetros do IQA

Os resultados apresentados referem-se aos meses de análise de setembro de 2024 a abril de 2025, necessitando a contemplação futura de maio a agosto de 2025 dos parâmetros físico-químicos e o cálculo do IQA com previsão de finalização após o encerramento do prazo de submissão deste artigo.

Nos pontos iniciais próximos às barragens e antes da área urbana (entre P1 e P3), a água se enquadrava majoritariamente nas Classes 1 e 2 de acordo com o CONAMA 357/2005, adequadas para abastecimento humano após tratamento, principalmente de fósforo total que apresentou valores maiores que o permitido em todos os pontos de coleta (Tabela 3). Resultado semelhante foi observado por Castro *et al.* (2023) no rio Verdinho (GO), onde os trechos a montante, situados em áreas de menor impacto antrópico, apresentaram IQA elevado e enquadramento nas mesmas classes, apesar de concentrações elevadas de fósforo em alguns períodos.

Dentro do perímetro urbano (P4 a P10), a qualidade caiu drasticamente, com muitos parâmetros ultrapassando os limites da classificação normativa principalmente os indicadores químicos e os biológicos (Tabela 3). A presença de coliformes termotolerantes nesses pontos muda drasticamente de ordem de grandeza, sendo esse parâmetro um indicador direto de contaminação da água (Santos *et al.*, 2023). Isso ocorre devido ao lançamento direto de esgoto bruto e resíduos não tratados no corpo hídrico, sendo um problema que ocorre em diversos países em desenvolvimento (Sperling, 2014). A

partir do P6 até o P10, a maioria dos parâmetros (com exceção do pH e temperatura) apresentam valores preocupante. Próximo a ETE (P8), o fósforo atingiu em média de 26,87 mg L<sup>-1</sup>, apresentando características de esgoto bruto como especificado pela IAWQ (1995).

Tabela 3 – Média ( $\bar{x}$ ) e desvio padrão (s) dos indicadores de qualidade de água das amostras coletadas durante setembro a abril na microbacia do Rio Bitury em Belo Jardim – PE.

Pontos	Indicadores								
	Físicos			Químicos					Biológicos
	TUR (NTU)	T (°C)	ST (mg L <sup>-1</sup> )	OD (mg L <sup>-1</sup> )	pH	DBO (mg L <sup>-1</sup> )	NTK (mg L <sup>-1</sup> )	PT (mg L <sup>-1</sup> )	Coliformes termotolerantes (NPM 100 ml <sup>-1</sup> )
	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$
P1	1,09 ± 2,53	26,73 ± 1,15	118,75 ± 32,06	6,10 ± 0,59	7,60 ± 0,39	5,00 ± 10,94	0,34 ± 1,63	0,53 ± 0,44	7,00 x 10 <sup>2</sup> ± 1,56 x 10 <sup>3</sup>
P2	359,75 ± 203,14	26,35 ± 1,10	2074,50 ± 1531,78	2,85 ± 2,03	6,66 ± 0,30	11,00 ± 1,10	10,24 ± 12,49	24,75 ± 21,85	1,70 x 10 <sup>3</sup> ± 8,08 x 10 <sup>2</sup>
P3	3,44 ± 2,48	26,40 ± 1,03	565,75 ± 271,35	4,55 ± 1,05	6,90 ± 0,17	5,00 ± 1,03	0,50 ± 2,17	0,41 ± 0,35	1,15 x 10 <sup>3</sup> ± 1,22 x 10 <sup>3</sup>
P4	17,28 ± 13,11	25,80 ± 0,94	647,00 ± 250,73	3,45 ± 1,16	7,14 ± 0,06	4,00 ± 0,94	1,50 ± 0,84	1,60 ± 0,70	2,16 x 10 <sup>4</sup> ± 1,33 x 10 <sup>5</sup>
P5	23,10 ± 7,91	26,65 ± 0,97	1034,25 ± 183,21	1,47 ± 1,18	7,08 ± 1,01	24,00 ± 0,97	7,16 ± 4,38	4,58 ± 1,01	6,95 x 10 <sup>5</sup> ± 1,21 x 10 <sup>6</sup>
P6	39,13 ± 35,88	26,45 ± 0,83	1116,25 ± 795,39	0,99 ± 0,94	7,16 ± 1,49	32,00 ± 0,83	19,00 ± 13,22	13,72 ± 10,26	1,44 x 10 <sup>6</sup> ± 1,17 x 10 <sup>6</sup>
P7	40,08 ± 19,49	26,08 ± 1,10	1077,50 ± 191,94	1,03 ± 0,50	7,17 ± 0,96	32,00 ± 1,10	15,40 ± 17,11	11,99 ± 8,45	2,07 x 10 <sup>6</sup> ± 1,20 x 10 <sup>6</sup>
P8	100,73 ± 67,87	26,80 ± 1,03	2986,25 ± 1003,44	1,61 ± 1,78	7,20 ± 0,21	31,00 ± 1,03	13,60 ± 19,70	26,81 ± 17,57	5,00 x 10 <sup>5</sup> ± 2,85 x 10 <sup>5</sup>
P9	55,35 ± 25,88	26,65 ± 1,19	979,00 ± 168,51	0,99 ± 0,29	7,49 ± 0,27	37,00 ± 1,19	10,80 ± 18,34	8,69 ± 1,48	2,85 x 10 <sup>6</sup> ± 1,20 x 10 <sup>6</sup>
P10	47,48 ± 29,55	26,65 ± 1,14	951,75 ± 156,03	0,96 ± 0,29	7,45 ± 0,26	34,00 ± 1,14	11,80 ± 17,61	8,88 ± 1,88	3,32 x 10 <sup>6</sup> ± 1,47 x 10 <sup>6</sup>
Referência CONAMA 357/2005	100,00	-	500,00	≥ 5,00	6,00–9,00	≤ 5,00	14,50–11,50	0,10	1,0 x 10 <sup>3</sup>

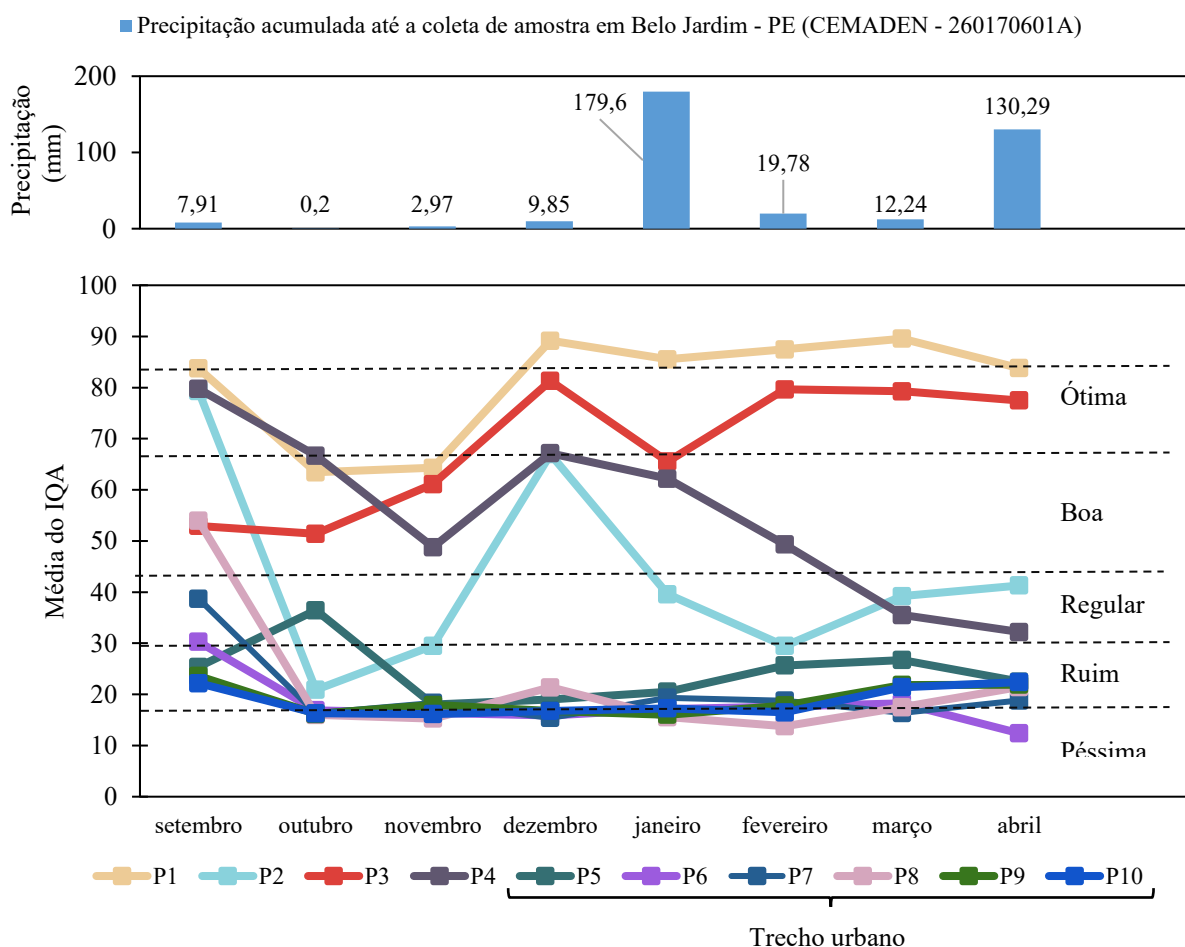
$\bar{x}$  = Média; s = Desvio Padrão.

Todos os pontos apresentaram variações em decorrência da oscilação da pluviosidade no período chuvoso e seco (Figura 3) principalmente a partir de outubro de 2024 pois a Barragem

Severino Guerra localizada no P1 de coleta parou de verter, ocasionando em um acúmulo de água advinda de drenagem pluvial urbana e do despejo de efluentes nos trechos posteriores de análise do rio.

A variação mais acentuada é entre os meses de setembro para outubro de 2024 onde as médias obtidas oscilaram (Figura 3) o que coincide com a baixa de pluviosidade e a interrupção de fluxo da barragem localizada em P1.

Figura 3 – Precipitação mensal e média dos valores de IQA e suas classificações para os pontos de coleta entre setembro 2024 a abril de 2025 na microbacia do Rio Bitury, Belo Jardim – PE.



Fonte: Os autores (2025).

Importante destacar que entre os pontos antes do rio passar por trechos urbanos, o P2 que obteve uma flutuação na qualidade (Figura 3), onde é possível inferir que os valores encontrados dos parâmetros encontrados nesse ponto destoam e mostram um deterioramento de todos os parâmetros em relação ao que é evidenciado no ponto anterior e no ponto após.

Os parâmetros físicos (TUR e ST) são extremamente altos no P2, mostrando uma descarga maior de sedimentos no corpo do rio. A queda do OD e o aumento significativo de NTK, PT e DBO demonstram uma alteração inesperada no meio do percurso do rio nesse ponto, evidenciando o impacto direto do despejo lodo da ETA, em concordância com as alterações deste despejo relatadas por Delgado (2006) e possíveis questões de saúde descritas por Silva (1999).



## CONCLUSÕES PARCIAIS

Os resultados parciais deste estudo demonstram que o rio Bitury sofre influência direta das atividades antrópicas, especialmente nos trechos urbanos e a jusante da área urbana de Belo Jardim. Enquanto os pontos a montante mantêm padrões de qualidade compatíveis com usos múltiplos e abastecimento, os demais pontos evidenciam condições degradadas, com valores críticos de turbidez, sólidos totais, nutrientes e coliformes, muitos deles superiores aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005.

Essas condições refletem a ausência de um completo sistema de saneamento básico e a descaracterização do uso originário da terra, comprometendo os serviços ecossistêmicos da microbacia. Como apontado por Bettencourt *et al.* (2021), é necessário adotar uma abordagem integrada e participativa na gestão de bacias hidrográficas, articulando diferentes setores e escalas de governança. Complementarmente, Rodríguez *et al.* (2021) destacam a importância de investimentos em infraestrutura hídrica resiliente e sustentável, especialmente em regiões de alta vulnerabilidade ambiental. Assim, este estudo reforça a urgência de políticas públicas voltadas à revitalização da microbacia do rio Bitury, com foco em saneamento, educação ambiental e recuperação de áreas degradadas.

## REFERÊNCIAS

- ABOY, A. L. O lodo de ETA: características e possibilidades de disposição. São Paulo: CETESB, 1999.
- AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA – APAC. Dados da Bacia do Ipojuca. Recife: APAC, 2024.
- ARAÚJO, M. L. Dinâmica ambiental da bacia do Rio Ipojuca. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2020.
- BETTENCOURT, P. et al. A comparison between the European and the Brazilian models for management and diagnosis of river basins. *Water Policy*, v. 23, n. 1, p. 58–76, 2021. <https://doi.org/10.2166/wp.2021.204>.
- CASTRO, C. N. de; PEREIRA, C. N. *Revitalização da bacia hidrográfica do rio São Francisco: histórico, diagnóstico e desafios*. Brasília: IPEA, 2019. 366 p. ISBN 978-85-7811-351-3
- CASTRO, R. M. et al. Spatiotemporal analysis of water quality indicators in a watershed in Brazilian Cerrado. *Water Supply*, v. 23, n. 3, p. 1161–1172, 2023. DOI: <https://doi.org/10.2166/ws.2023.061>
- CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Relatório de qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo – 2020*. São Paulo: CETESB, 2020. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/relatorios/>. Acesso em: 23 maio 2025.
- CESTEB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. *Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos*. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. 326 p.

- DELGADO, J. V. C. Avaliação da aplicação do lodo da ETA Guandu na pavimentação como disposição final ambientalmente adequada. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 150, 2006.
- IAWQ (1995). *Activated sludge model No. 2*. IAWQ Scientific and Technical Reports.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2005). Decreto RPR 01 de 25 de fevereiro de 2005. Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro, Brasil.
- MIRANDA, L. S. et al. A importância da vegetação ciliar para os recursos hídricos. *Revista Brasileira de Recursos Naturais*, v. 10, n. 2, p. 45–52, 2020.
- PAIVA, A. C. Dispersão de chumbo em ambientes aquáticos da região de Belo Jardim - PE. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, PE, p. 85, 2005.
- PONSADAILAKSHMI, S. et al. Evaluation of water quality suitability for drinking using drinking water quality index in Nagapattinam district, Tamil Nadu in Southern India. *Groundwater for Sustainable Development*, v. 6, p. 43–49, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2017.10.005>.
- POZZER, R. Análise dos resíduos de ETAs: caracterização e impactos ambientais. *Revista Engenharia Ambiental*, v. 19, n. 2, p. 145–153, 2022.
- RODRÍGUEZ, D. J. et al. Water-related infrastructure investments in a changing environment: a perspective from the World Bank. *Water Policy*, v. 23, suplemento 1, p. 31–47, 2021. <https://doi.org/10.2166/wp.2021.265>.
- SILVA, R. A. Efeitos tóxicos do sulfato de alumínio: implicações na saúde pública. *Cadernos de Saúde Ambiental*, v. 6, n. 1, p. 27–33, 1999.
- SPERLING, M. V. (2014). “*Legislação ambiental e impacto do lançamento de efluentes nos corpos receptores*”, in *Introdução à qualidade de águas e ao tratamento de esgotos*. v.1, 4 ed. UFMG, Belo Horizonte – MG, pp. 133 – 247.
- VALENTINI, M. H. K. et al. Análise da qualidade da água da Lagoa Mirim através do IQA e de métodos estatísticos. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 12, n. 1, p. 375–384, 2021. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.001.0031>