

Degradação ambiental e qualidade da água de rios urbanos: o caso dos corpos d'água de Paraíso do Tocantins, TO, Brasil.

Maria Marielly Araújo Cardoso ⁽¹⁾ e
Rejane Freitas Benevides Almeida ⁽²⁾

Data de submissão: 25/10/2021. Data de aprovação: 14/2/2022.

Resumo – O presente trabalho teve como objetivo realizar o diagnóstico ambiental dos corpos d'água que cortam a área urbana do município de Paraíso do Tocantins, identificando as principais causas da degradação da qualidade ambiental e suas consequências para a qualidade da água. Para tanto, inicialmente, foi realizado um diagnóstico ambiental dos principais cursos d'água existentes na cidade (córregos Pernada e Buriti), por meio de visitas a campo. Posteriormente, foram selecionados pontos para o monitoramento da qualidade da água ao longo de cada canal de drenagem, sendo: ponto 1 – a montante da área urbana; ponto 2 – no início da área urbana; ponto 3 – no meio da área urbana; e ponto 4 – a jusante da área urbana, para os quais foram realizadas análises físicas, químicas e microbiológicas, conforme Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater. Os resultados indicaram alterações significativas sobre a qualidade da água ao longo dos corpos d'água avaliados, sendo verificados padrões de qualidade da água em desacordo com a legislação para os parâmetros nitrito, fósforo total, oxigênio dissolvido e coliformes termotolerantes. Desse modo, a realização deste trabalho permitiu uma análise mais abrangente dos efeitos do uso e da ocupação do solo sobre a qualidade ambiental dos corpos d'água urbanos do município, sendo bastante útil para fomentar as discussões e o planejamento de políticas municipais voltadas à gestão do uso do solo urbano.

Palavras-chave: Corpos d'água urbanos. Degradação ambiental. Qualidade da água.

Environmental degradation and water quality of urban rivers: the case of water bodies in Paraíso do Tocantins, TO, Brazil.

Abstract – The objective of this study was to carry out the environmental diagnosis of water bodies that cross the urban area of the municipality of Paraíso do Tocantins – TO, identifying the main causes of environmental quality degradation and its consequences for water quality. For this purpose, initially, it was performed an environmental diagnosis of the main water courses in the city (Pernada and Buriti streams), through field visits. Subsequently, spots were selected for monitoring water quality along each drainage channel, as follows: spot 1 (upstream of the urban area), spot 2 (at the beginning of the urban area), spot 3 (in the middle of the urban area) and spot 4 (downstream from the urban area), for which physical, chemical and microbiological analyses were performed, according to Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. The results indicated significant changes in the water quality along the water bodies evaluated, being verified water quality standards in disagreement with the legislation for the parameters nitrite, total phosphorus, dissolved oxygen and thermotolerant coliforms. Thus, this work allowed a more comprehensive analysis of the effects of land use and occupation on the environmental quality of urban water bodies in the municipality, being

¹ Graduanda do Curso de Licenciatura em Química pelo Instituto Federal do Tocantins – IFTO, *Campus* Paraíso do Tocantins. Técnica em Meio Ambiente. *mariellyac1@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9469-1206>.

² Engenheira ambiental e Mestre em Ciências do Ambiente pela Universidade Federal do Tocantins – UFT. Doutora em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Goiás – UFG. Professora do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal do Tocantins – IFTO, *Campus* Paraíso do Tocantins. *rejane@ifto.edu.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1351-5148>.

very useful to foster discussions and planning of municipal policies aimed at urban land use management.

Keywords: Urban water bodies. Environmental degradation. Water quality.

Introdução

A transformação do espaço natural como resultado das atividades antrópicas tem se tornado cada vez mais evidente nos últimos tempos, sendo o modelo de desenvolvimento adotado, sobretudo, após a revolução industrial, insustentável e prejudicial à paisagem natural, gerando danos socioambientais à saúde das populações silvestre e humana (SOUSA; FERREIRA; MORAES, 2016).

Para Valentim (2020), o modelo de produção e consumo vigente produz, disseminada e desigualmente, locais ambientalmente impactados, e as cidades os concentram. A esse respeito, é importante mencionar que a forma de planejar cidades tem priorizado garantir a ocupação urbana, e isso culmina em obras de canalização de rios, drenagem urbana subterrânea para rápido escoamento da água, aterramentos de nascentes e vazantes de cursos d'água, entre outros aspectos.

Diante disso, percebe-se que o desenvolvimento urbano tem produzido grande competição pelos recursos naturais, onde muitas áreas nativas são alteradas para darem lugar à infraestrutura urbana, produzindo efeitos que, sem controle, podem levar as cidades ao caos. Nesse contexto, os corpos hídricos situados nessas áreas tornam-se as principais vítimas do processo de uso e ocupação desordenados, colocando em desequilíbrio o sistema, visto que são os principais destinos dos dejetos produzidos nas áreas urbanizadas.

O rio é, sem dúvida, um elemento determinante da paisagem urbana, que moldou, num primeiro momento, a organização das cidades, mas que, com o avanço da engenharia, acabou sendo moldado (SMITH; SILVA; BIAGIONI, 2019). Sado-Inamura e Fukushi (2018) citam que a degradação dos corpos d'água prejudica os serviços ecossistêmicos fornecidos pelos rios com impactos diretos sobre o meio aquático, afetando tanto os organismos como os seres humanos.

De acordo com Pimenta, Reis e Fonseca (2016), a proporção dos danos causados a um corpo hídrico vai depender dos usos desenvolvidos, da concentração dos poluentes e das características do curso d'água, sendo importante mencionar que, dependendo da alteração, as consequências não se restringem somente a eventos de poluição. Estas, por sua vez, podem ir além, trazendo consequências severas por meio de perturbações nos ecossistemas naturais, uma vez que introduzem novos elementos no meio, alterando toda a qualidade ambiental do sistema hídrico, visto que a maioria dos organismos aquáticos são muito sensíveis a qualquer variação no ambiente, respondendo de diferentes formas às alterações produzidas (MAHANAYAK; PANIGRAHI, 2021).

Desta maneira, o resultado desse cenário são cidades imersas em um contexto socioambiental de degradação, rodeadas por rios poluídos e impróprios para as diversas formas de uso. Dentro desse contexto de degradação, o diagnóstico ambiental de corpos d'água torna-se uma ferramenta fundamental para um melhor entendimento dos problemas existentes na paisagem urbana, especificamente em relação à situação dos recursos hídricos locais, sendo útil para a proposição de ações que visem minimizar os problemas existentes por meio de um planejamento territorial adequado para que a degradação não ocorra ou, ao menos, seja diminuída nas cidades.

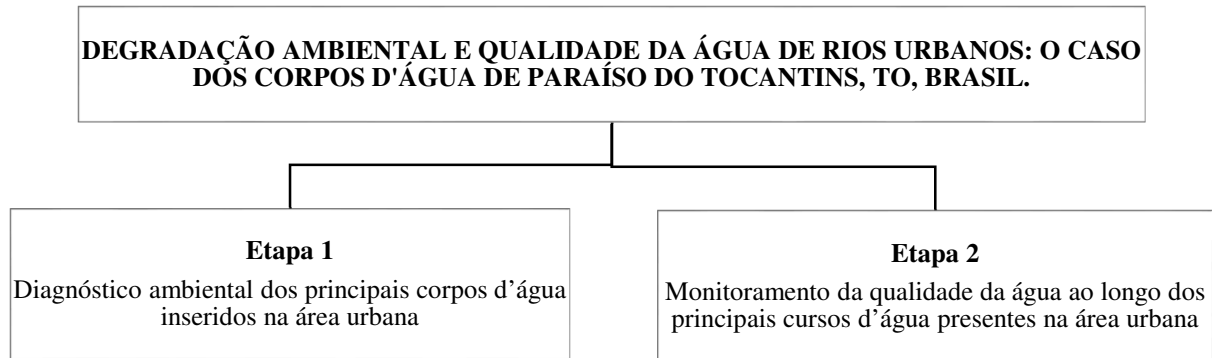
Nessa perspectiva, o município de Paraíso do Tocantins se destaca pois apresenta mananciais superficiais importantes distribuídos na zona urbana, que vêm sofrendo as consequências da falta de planejamento e gestão por parte do poder público. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo realizar o diagnóstico ambiental dos principais corpos d'água que cortam a área urbana do município, de modo que seja possível identificar as

principais causas da degradação da qualidade ambiental e suas consequências para a qualidade da água.

Materiais e métodos

Para um melhor entendimento dos problemas ambientais e seus efeitos ao longo dos cursos d'água existentes na área urbana de Paraíso do Tocantins, o trabalho foi executado em etapas, conforme Figura 1.

Figura 1 – Resumo esquemático dos procedimentos metodológicos utilizados no trabalho



Fonte: Autores (2021)

Etapa 1: Diagnóstico ambiental dos principais corpos d'água inseridos na área urbana

Com o intuito de entender melhor a paisagem urbana e sua relação com os cursos d'água existentes, inicialmente, foi realizado um levantamento dos principais canais inseridos na área urbana do município de Paraíso do Tocantins por meio de visualizações de imagens de satélite disponíveis no Google Earth. Com base nesse levantamento, foram selecionados dois canais de drenagem para o acompanhamento: os córregos Pernada e Buriti.

Tais córregos foram escolhidos como objeto de estudo uma vez que são os corpos hídricos existentes na cidade com maiores influências no contexto urbano, estando urbanizados quase em sua totalidade, e os impactos decorrentes da ocupação mais visíveis, principalmente devido à exploração da área de preservação permanente (APP) e dos usos desenvolvidos no entorno de cada canal quando comparados com os outros cursos d'água presentes na região.

De posse dessas informações, foram iniciados os levantamentos de campo, onde foram avaliados os principais usos e ocupações nas proximidades dos corpos hídricos e seus possíveis efeitos sobre a qualidade ambiental. Dentre as observações levantadas em campo, destacam-se: estado de conservação/preservação dos corpos d'água, principais problemas existentes, situação das margens (existência de APP, presença de erosões, presença de resíduos sólidos), presença de assoreamento, entre outros.

Etapa 2: Monitoramento da qualidade da água ao longo dos principais cursos d'água presentes na área urbana

Após a realização do diagnóstico ambiental da situação dos cursos d'água presentes na zona urbana do município, foram selecionados pontos de monitoramento de qualidade da água para os principais corpos hídricos encontrados na cidade: córrego Pernada e córrego Buriti.

A seleção dos pontos monitorados obedeceu ao critério de montante para jusante da área urbana, sendo para cada canal definido 4 pontos de monitoramento: ponto 1 (P1) – a montante da área urbana; ponto 2 (P2) – no início da área urbana; ponto 3 (P3) – no meio da área urbana; e ponto 4 (P4) – a jusante da área urbana.

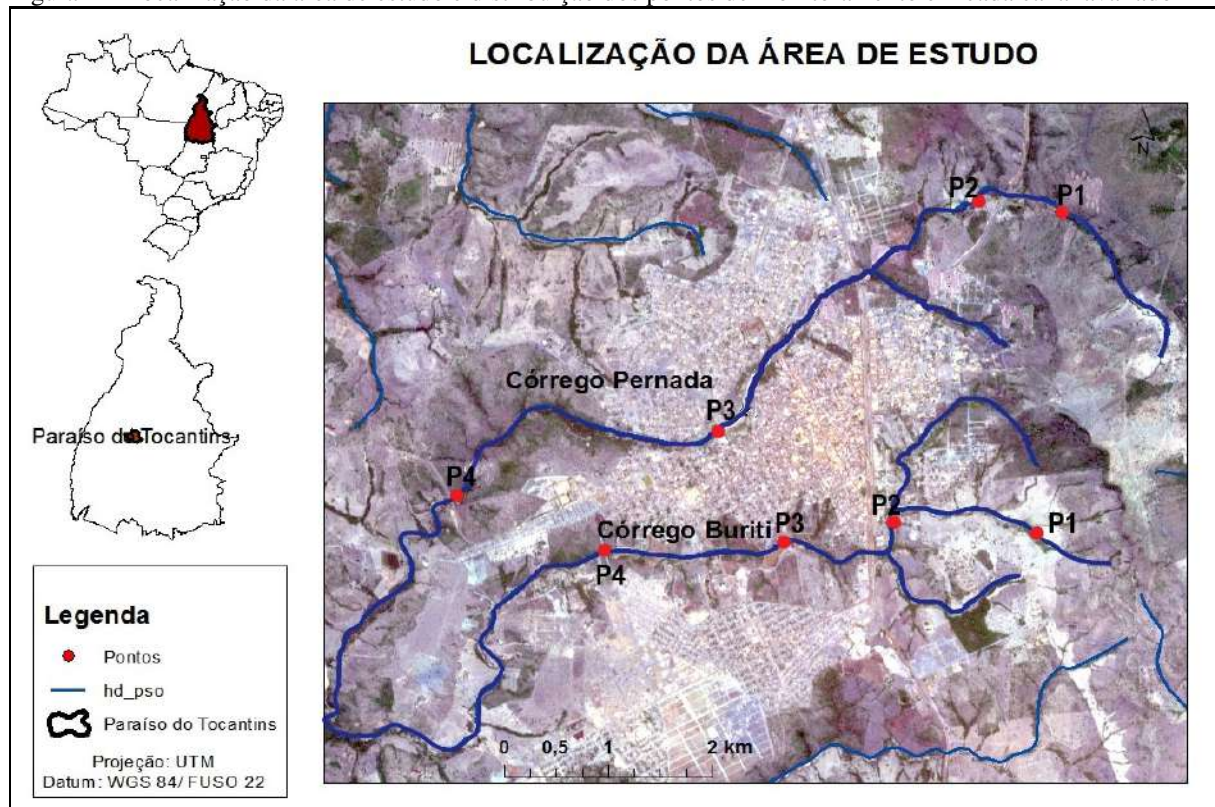
No caso do córrego Pernada, o P1 está localizado em uma área preservada nas dependências de uma chácara, estando o corpo d'água sem alterações significativas. O P2 localiza-se nas proximidades de uma área que foi alterada recentemente para a implantação de

um loteamento urbano. O local possui alterações como: erosões, assoreamentos e perturbações na vegetação no entorno. Já o P3 está totalmente inserido na área urbana em um trecho canalizado, em uma ponte entre os setores Jardim Paulista e Oeste. Por fim, o P4 encontra-se em um trecho já saindo da cidade, em uma região de chácaras. A paisagem local possui perturbações importantes, tais como: presença de cultivos na área de preservação permanente, erosões e assoreamentos. Além disso, o referido ponto sofre influência do lançamento do efluente tratado oriundo da Estação de Tratamento de Esgoto de Paraíso do Tocantins – ETE Pernada, uma vez que a referida ETE está situada a montante desse ponto, ou seja, entre o P3 e o P4.

Em relação ao córrego Buriti, o P1 está localizado em um trecho a montante da área urbana, em uma chácara. O curso d'água no local apresenta alterações em sua área de preservação permanente e ainda sofre influência decorrente das atividades desenvolvidas para a pastagem. O P2 localiza-se em uma ponte no setor Serrano 2. O local possui ocupações irregulares na APP, erosão e assoreamento. O P3 também está localizado na área urbana, na represa do Setor Parque das Águas. O local foi escolhido para monitoramento pois situa-se em uma importante área utilizada para lazer pela população. Finalmente, o P4 encontra-se no final da cidade. O trecho possui irregularidades na APP, erosões, assoreamento e presença de lixo. Ademais, o trecho recebe a drenagem de uma galeria de águas pluviais de alguns setores da cidade.

Na Figura 2 pode ser observada a distribuição dos pontos de monitoramento ao longo dos córregos Pernada e Buriti.

Figura 2 – Localização da área de estudo e distribuição dos pontos de monitoramento em cada canal avaliado



Fonte: Autores (2021)

Para cada ponto selecionado foram coletadas amostras e realizadas análises físicas, químicas e microbiológicas no período de dezembro de 2020 a junho de 2021, com frequência mensal.

Para a coleta de amostras de água para análises físico-químicas foram utilizados frascos de polietileno com capacidade de 2 litros, devidamente higienizados e identificados. Já para a coleta de amostras microbiológicas foram utilizados frascos próprios para esse tipo de coleta, os quais foram devidamente esterilizados e embalados com papel cirúrgico.

Os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, a metodologia e os equipamentos utilizados estão descritos no Quadro 1. Tais análises seguiram a metodologia proposta no Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater (APHA, 2017).

Quadro 1 – Parâmetros analisados e suas respectivas metodologias e equipamentos

Parâmetro de qualidade da água	Metodologia analítica	Equipamento	Marca
Temperatura	Termometria	Oxímetro	AK87
Turbidez	Nefelométrico	Turbidímetro	TU-2016 Lutron
Condutividade	Potenciométrico	Condutivímetro	Extech
pH	Potenciométrico	Peagâmetro	MPA-210
Cor	Potenciométrico	Colorímetro	P-control
Sólidos Totais Dissolvidos	Gravimétrico	TDS	TDS-3
Sólidos Suspensos Totais	Gravimétrico	TSS	Hach DR6000
Oxigênio dissolvido	Oxímetro	Oxímetro	AK87
Cloreto	Titulometria	Titulometria/Método de Mohr	-
Nitrito	Cromatografia iônica	Cromatografia iônica	Hach DR6000
Nitrato	Cromatografia iônica	Cromatografia iônica	Hach DR6000
Fósforo Total	Cromatografia iônica	Cromatografia iônica	Hach DR6000
Ferro Total	Cromatografia iônica	Cromatografia iônica	Hach DR6000
Nitrogênio Amoniacal	Cromatografia iônica	Cromatografia iônica	Hach DR6000
Coliformes Totais/Fecais	Idexx-colilert	Idexx-colilert	Idexx-colilert 18

Fonte: Autores (2021)

Os parâmetros temperatura, condutividade, sólidos totais dissolvidos, turbidez e oxigênio dissolvido foram avaliados por meio de leitura direta no próprio corpo d'água com os equipamentos de campo apropriados para as respectivas análises, a saber: termômetro, condutivímetro, leitor de sólidos, turbidímetro e oxímetro. Os demais parâmetros foram analisados em laboratório.

As amostras de água, após coletadas, foram encaminhadas ao laboratório de análises físico-químicas e microbiológicas de água e esgoto do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus* Paraíso do Tocantins, onde foram realizadas as análises.

De modo a produzir dados mais confiáveis e eximir possíveis dúvidas durante a execução das análises, os parâmetros foram analisados por meio de duplicatas. No caso de variações significativas entre os valores medidos/analísados, repetiu-se a análise para confirmação, sendo o resultado da análise de cada parâmetro obtido pela média dos valores medidos.

Por fim, para melhor avaliar os resultados alcançados com o monitoramento da qualidade da água, os resultados das análises dos parâmetros analisados foram comparados com os dados de literatura e com a Resolução Conama nº 357/2005, água doce, classe 2. Tal classe foi considerada uma vez que os corpos d'água locais ainda não passaram por um processo de enquadramento e, conforme orienta a própria legislação, enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2.

Resultados e discussão

Diagnóstico ambiental dos principais corpos d'água inseridos na área urbana Córrego Pernada

O córrego Pernada tem suas nascentes principais localizadas na Serra do Estrondo, a uma altitude de aproximadamente 600 m, sendo afluente direto do córrego Coco do Meio que, por sua vez, é afluente do Rio do Coco. O curso d'água tem uma extensão aproximada de 15 km e uma largura média de 2,8 m.

Após as visitas a campo, pôde-se perceber que as atividades desenvolvidas no ambiente urbano têm produzido inúmeros impactos ambientais ao longo da área da bacia do córrego. Foram verificadas diversas alterações no ambiente, tais como: canalização do curso d'água, remoção da mata ciliar, disposição inadequada de resíduos sólidos, ocupações irregulares, presença de erosões e assoreamento, conforme podem ser observadas nas figuras a seguir.

Figura 3 – Entulho nas margens do córrego



Fonte: Autores (2021)

Figura 4 – Trecho do córrego canalizado



Fonte: Autores (2021)

Figura 5 – Erosão e assoreamento do canal



Fonte: Autores (2021)

Figura 6 – Ocupações irregulares



Fonte: Autores (2021)

Por fim, é importante mencionar que o trecho do córrego Pernada inserido na área urbana está completamente canalizado. Tal fato tende a potencializar os impactos produzidos para a qualidade ambiental do curso d'água, uma vez que, junto com a canalização, é lançada toda a drenagem de águas pluviais do município no leito do córrego, as quais podem transportar uma série de elementos indesejáveis produzidos pela sociedade no ambiente urbano, podendo ainda a canalização ser fonte de ligações clandestinas de resíduos.

Córrego Buriti

As nascentes principais do córrego Buriti estão localizadas na Serra do Estrondo. Este possui uma largura média aproximada de 2 m e extensão de 12 km até a junção do córrego Pernada, quando passa a ser denominado córrego Coco do Meio.

Assim como o córrego Pernada, o córrego Buriti também apresenta uma série de problemas ambientais ao longo de seu percurso. Dentre os problemas identificados em campo destacam-se: remoção da mata ciliar, disposição inadequada de resíduos sólidos, presença de ocupações irregulares nas áreas destinadas à APP e presença de erosões e assoreamento, conforme podem ser observadas nas figuras a seguir.

Figura 7 – Ocupações irregulares na APP



Fonte: Autores (2021)

Figura 8 – Presença de erosão nas margens do córrego



Fonte: Autores (2021)

Figura 9 – Entulho nas margens do córrego



Fonte: Autores (2021)

Figura 10 – Presença de erosão e assoreamento



Fonte: Autores (2021)

Por fim, após o levantamento realizado, foram observados e registrados ao longo do córrego Buriti vários impactos ambientais, sendo perceptível que as atividades de uso desenvolvidas em sua bacia têm sido determinantes para o processo de degradação evidenciado em campo. No tocante a isso, Covarrubia, Rayburg e Neave (2016), ao estudarem a influência do uso do solo sobre a qualidade da água dos rios urbanos em Melbourne, Austrália, concluíram que a qualidade da água de um rio tem forte relação com os usos desenvolvidos ao longo de toda a bacia, sendo observado no estudo que os usos mais impactantes para a qualidade do ambiente aquático são o uso industrial, pela variedade de produtos químicos utilizados e lançados no meio, especialmente os metais pesados, seguido pelo uso desenvolvido nas áreas urbanas, que também contribui de forma expressiva para a deterioração da qualidade da água.

Monitoramento da qualidade da água ao longo dos principais cursos d'água presentes na área urbana

Córrego Pernada

A Tabela 1 apresenta os valores máximos e mínimos, a média e o desvio padrão para os resultados obtidos a partir do monitoramento da qualidade da água em diferentes pontos ao longo do córrego Pernada.

Tabela 1 – Dados do monitoramento da qualidade da água em diferentes pontos ao longo do Córrego Pernada

Parâmetros	PONTO 1				PONTO 2				PONTO 3				PONTO 4				CONAMA 357/2005
	M _{ax}	M _{in}	M _e	O	M _{ax}	M _{in}	M _e	O	M _{ax}	M _{in}	M _e	O	M _{ax}	M _{in}	M _e	O	
pH	8,04	6,36	7,61	0,59	7,72	7,07	7,49	0,23	8,41	7,36	7,67	0,34	7,79	7,31	7,55	0,17	6,0 a 9,0
Condutividade	26,5	4,4	13,31	6,94	81,8	34,1	56,01	20,02	144	94	113,91	18,38	459	30,3	168,3	135,58	-
Temperatura da Água	26,9	22,4	24,68	1,52	24,9	21,2	23,58	1,24	27,3	23,5	25,45	1,16	30,3	24,6	27,68	1,92	-
Turbidez	5,7	0,49	2,65	1,65	18,8	2,3	6,71	5,85	195	1,38	31,70	72,08	39,02	1,33	8,56	13,65	100 NTU
Cor	8,8	3,5	5,82	2,19	83,1	19,2	39,88	20,93	230	1,8	41,55	83,71	48	2	14,55	17,09	75 mg Pt/L
Oxigênio Dissolvido	7,8	5,6	7,02	0,722	8,3	5,8	7,42	0,805	8,2	5,1	6,31	0,949	7,5	4,6	6,1	1,003	> 5 mg/L O ₂
Sólidos Suspensos Totais	3	1	1,85	0,89	10	0	3,57	3,258	138	0	22	51,17	15	0	5,14	5,20	-
Sólidos Totais Dissolvidos	15	4	6,85	3,80	44	20	32,83	10,66	70	7,8	51,46	22,84	255	7,2	95,2	83,84	500 mg/L
Nitrito	6	2	3,94	1,22	5,5	1	3,38	1,59	7	2,4	4,77	1,49	6,5	2	4,02	1,46	1,0 mg/L
Nitrato	0,7	0,3	0,57	0,17	1,4	0,4	0,728	0,31	2,8	0,9	1,95	0,65	4,3	0,4	2,85	1,22	10,0 mg/L
Nitrogênio Amoniacal	0,19	0,02	0,077	0,058	0,35	0,1	0,21	0,08	1,49	0,01	0,29	0,53	9,52	0,27	1,93	3,38	3,7mg/L N, para pH £ 7,5; 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH £ 8,0; 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH £ 8,5
Fósforo total	2,7	1,1	1,64	0,49	1,6	1,1	1,27	0,20	2,5	1	1,52	2,44	1,5	0,9	1,12	0,20	0,03 mg/L lânticos; 0,1 mg/L lóxicos
Cloreto	28,32	14,91	21,61	4,28	26,83	17,89	21,08	3,37	30,31	20,37	25,52	3,203	126,23	26,83	45,50	35,86	250 mg/L
Coliformes Totais	2.419,6	727	1.992,12	738,80	2.419,6	1.986,3	2.357,7	163,77	2.419,6	2.419,6	2.419,6	0	2.419,6	2.419,6	2.419,6	0	-
Coliformes Termotolerantes	2.419,6	145	875,11	795,98	1.986,3	206,4	764,31	663,72	2.419,6	307,8	776,8	747,47	2.419,6	119,8	1.238,9	1110,7	1.000 NMP/100 ml

Nota: M_{ax} = máximo; M_{in} = mínimo; M_e = média; O = desvio padrão.

Fonte: Autores (2021)

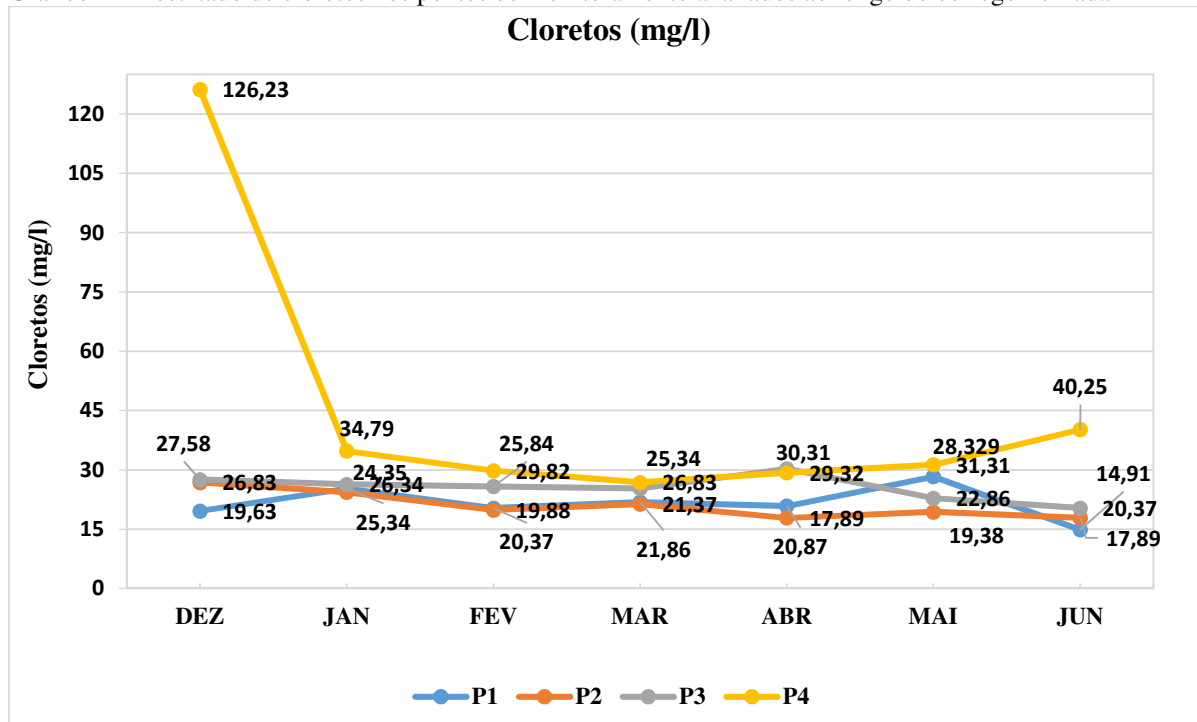
Como pode ser observado na Tabela 1, os parâmetros: Turbidez, Nitrogênio Amoniacal, Nitrito, Fósforo total, Oxigênio Dissolvido e Coliformes termotolerantes para o córrego Pernada apresentaram valores acima dos limites estabelecidos pela Resolução Conama 357/2005.

A turbidez apresentou valores médios dentro da faixa recomendada pela legislação, com exceção do ponto 3 no mês de dezembro, com valor máximo de 195 NTU, indicando que as alterações nas margens do curso d’água no ponto em análise podem ter favorecido o carregamento de sedimentos para o canal, uma vez que, na noite anterior à coleta, ocorreu um volume de chuva significativo na região.

Em relação ao parâmetro nitrogênio amoniacal, observou-se que suas concentrações se mantiveram dentro da faixa recomendada, exceto no mês de dezembro de 2020 para o ponto 4, onde foi observado um valor máximo de 9,52 mg/l. Ressalta-se que, durante a realização das coletas, foram observados, no referido ponto, um odor característico de esgoto doméstico no local e, ainda, uma alteração significativa na coloração da água, indicando uma possível descarga de esgoto fora dos padrões de lançamento a jusante da ETE Pernada.

É importante mencionar que os resultados de cloretos se mantiveram dentro dos valores recomendados, apresentando um comportamento semelhante ao longo dos pontos analisados. Entretanto, no mês de dezembro, para o ponto 4, os valores subiram consideravelmente, chegando a 126,23 mg/l, conforme pode ser observado no Gráfico 1. Tais resultados endossam a possível hipótese de lançamento de esgoto doméstico fora dos limites, também observado ao se analisar o parâmetro nitrogênio amoniacal.

Gráfico 1 – Resultado de cloretos nos pontos de monitoramento avaliados ao longo do córrego Pernada



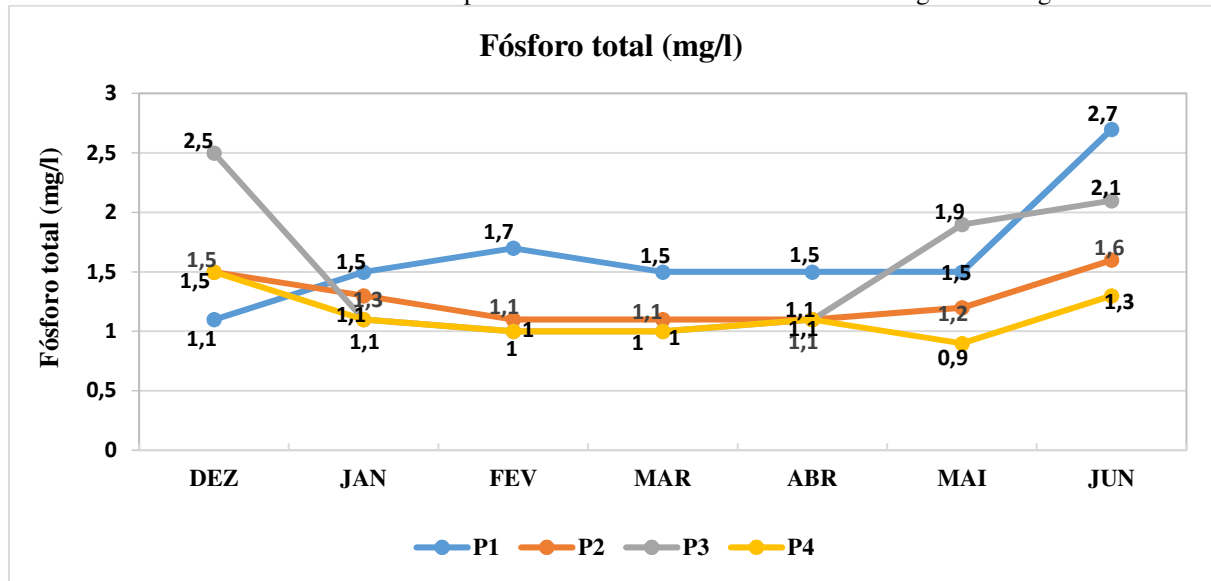
Fonte: Autores (2021)

Para os parâmetros nitrito e fósforo total, observaram-se valores acima dos recomendados para todos os pontos analisados neste canal. Tais resultados devem ser analisados com bastante cuidado, uma vez que tais parâmetros são elementos importantes para o controle de qualidade da água. No caso do córrego em análise, observa-se que ele vem se mantendo com valores elevados desde o primeiro ponto, sugerindo que o canal já vem, desde o início de seu percurso, com valores altos. Tal fato pode ser indicativo de que o solo possui quantidades representativas

desses elementos, uma vez que não foram verificadas contribuições a montante que pudessem contribuir com os resultados registrados.

Para melhor analisar o fósforo total, o Gráfico 2 apresenta as concentrações registradas ao longo de todos os pontos analisados, sendo observado que as concentrações de fósforo apresentaram variações semelhantes entre os pontos de monitoramento, merecendo destaque o ponto 1, o qual se manteve com valores superiores em quase todos os meses analisados em relação aos demais pontos, em especial no mês de junho de 2021, quando foi registrado o valor de 2,7, concordando com a hipótese elencada anteriormente.

Gráfico 2 – Resultado de fósforo total nos pontos de monitoramento avaliados ao longo do córrego Pernada

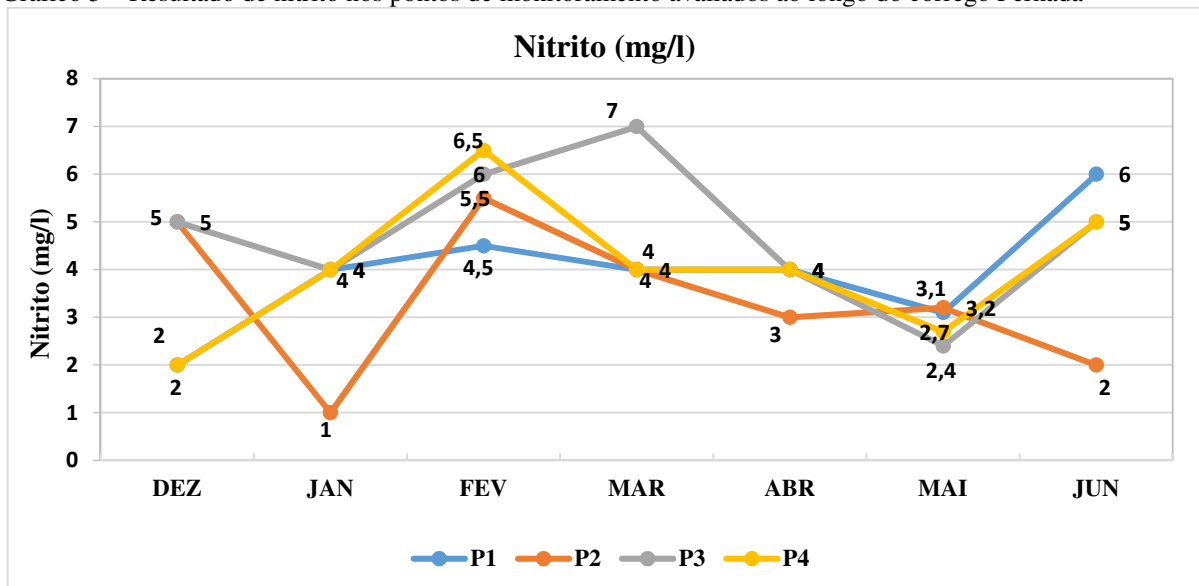


Fonte: Autores (2021)

Em relação ao nitrito (Gráfico 3), observa-se que, para todos os pontos de monitoramento analisados, foram identificados valores acima do recomendado pela Resolução Conama 357/2005, merecendo destaque os pontos 3 e 4, para os quais foram registrados valores máximos de 7 e 6,5 mg/l, respectivamente. Ressalta-se que o ponto 3 está totalmente inserido na área urbana, onde são verificadas as maiores alterações ao longo do canal; e o ponto 4 localiza-se em um trecho já saindo da área urbanizada, tendo recebido os produtos de grande parte das mazelas desenvolvidas na cidade. Desse modo, sugere-se que as características dos ambientes coletados influenciaram nos resultados, pois, em concordância com Molisani *et al.* (2013), os principais aportes exógenos da bacia de drenagem estão relacionados com as atividades humanas baseadas na utilização de recursos naturais e na emissão de resíduos para o ambiente, além do aporte oriundo da lixiviação de solos dedicados à agricultura.

Tais pontos, por possuírem mais irregularidades, ficam mais suscetíveis a alterações, uma vez que, durante o período chuvoso, o escoamento das águas pluviais transporta inúmeras espécies químicas, entre as quais o nitrito e o nitrato, que são muito solúveis em água (SILVA *et al.*, 2010), impactando no aumento das concentrações desses elementos, conforme pode ser observado no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Resultado de nitrito nos pontos de monitoramento avaliados ao longo do córrego Pernada



Nota: O período de novembro a abril é considerado chuvoso na região, enquanto o período de maio a outubro é considerado seco.

Fonte: Autores (2021)

Ao se analisar os resultados registrados para o parâmetro Oxigênio Dissolvido (OD) no Gráfico 4, observam-se os menores valores para o ponto 4, tendo este registrado o valor mínimo de 4,6 mg/l no mês de junho, abaixo do que preconiza a legislação. Vale ressaltar que tal ponto está localizado à jusante da Estação de Tratamento de Esgoto – ETE Pernada, o que pode ter influenciado nos resultados, sugerindo que, no período de estiagem, o ponto pode ter problemas com esse parâmetro, especialmente porque a vazão do curso d’água se reduz consideravelmente, o que dificulta a autodepuração do esgoto tratado lançado no córrego. Tal comportamento também foi registrado por Almeida, Maciel e Almeida (2019) em estudos realizados no Córrego em questão: segundo os autores, o comportamento do córrego em relação às concentrações de OD devem estar relacionadas à diminuição da vazão e à consequente redução da velocidade da água com a chegada da estiagem, quando menores serão os fatores contribuintes para a reaeração do meio.

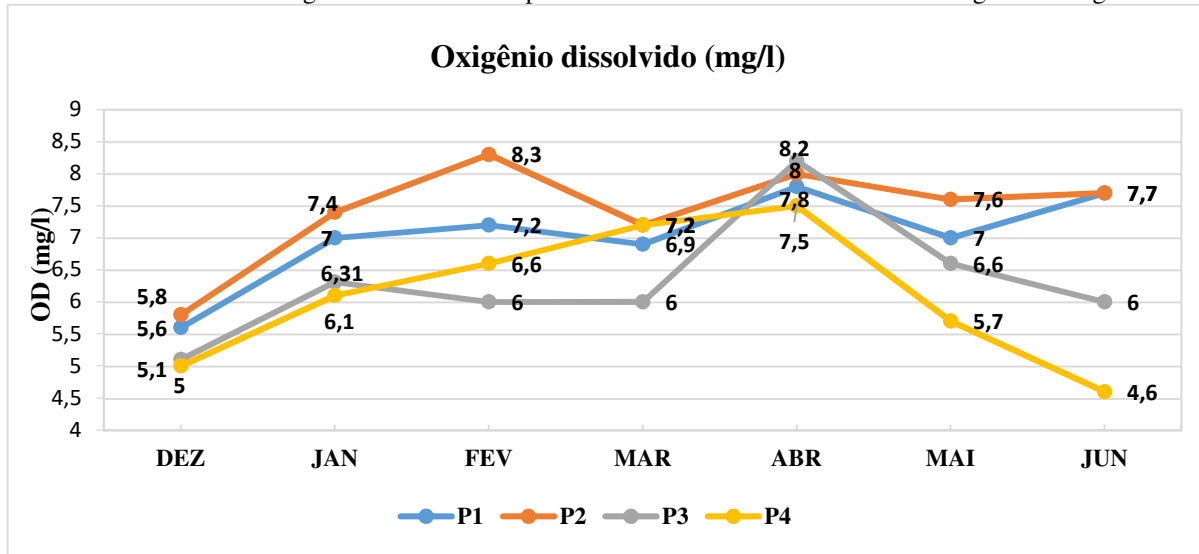
De acordo com Yang *et al.* (2021), as variações sazonais devem ser consideradas ao usar o oxigênio dissolvido como um indicador para avaliar a qualidade das águas superficiais. Os autores, após estudos no Rio Nanfeihe, Anhui, China, observaram um padrão sazonal em relação à qualidade da água, o qual foi regulado pelo oxigênio dissolvido e pela temperatura, os quais sazonalmente sofriam alterações ao longo das estações do ano.

Diante da situação, a empresa responsável pelo tratamento do efluente deverá ter bastante atenção no cumprimento da eficiência de tratamento, pois se o processo de tratamento não for eficiente de forma a manter um equilíbrio entre os teores de OD e DBO, a vida aquática poderá ser prejudicada.

Em comparação com os demais pontos, os pontos 1 e 2 apresentaram os melhores resultados para OD, o já era esperado pelo fato de estarem localizados em áreas que ainda possuem algumas características naturais, as quais contribuem para a proteção quanto aos impactos causados pela urbanização.

Outros fatores que também podem ter influenciado na concentração não tão baixa de OD ao longo dos pontos monitorados, foram as elevadas concentrações de nutrientes (nitrato e fósforo) registradas. Estes, quando em excesso, permitem o desenvolvimento de plantas aquáticas e algas que produzem OD para o ambiente por meio da fotossíntese.

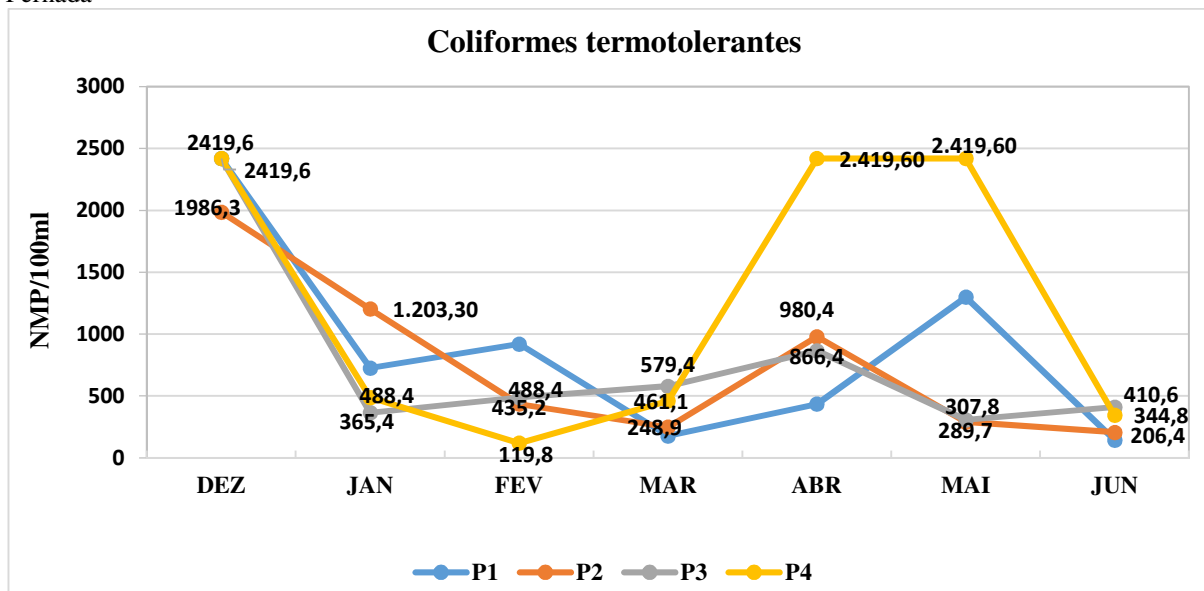
Gráfico 4 – Resultado de oxigênio dissolvido nos pontos de monitoramento avaliados ao longo do córrego Pernada



Fonte: Autores (2021)

Em relação aos coliformes termotolerantes (Gráfico 5), todos os pontos apresentaram valores acima do recomendado, especialmente o ponto 4, para o qual foram registradas as maiores concentrações ao longo dos meses, notadamente nos meses de dezembro, abril, maio e junho. Tais resultados já eram esperados, uma vez que o referido ponto localiza-se à jusante do lançamento do efluente tratado pela ETE Pernada. Vale ressaltar que o cenário é importante a ser observado, pois a presença desses microrganismos é indicativa de contaminação fecal e eventual presença de organismos patogênicos (CONTE *et al.*, 2004).

Gráfico 5 – Resultado de coliformes termotolerantes nos pontos de monitoramento avaliados ao longo do córrego Pernada



Fonte: Autores (2021)

Córrego Buriti

A Tabela 2 apresenta os valores máximos e mínimos, a média e o desvio padrão para os resultados obtidos a partir do monitoramento da qualidade da água em diferentes pontos ao longo do córrego Buriti.

Tabela 2 – Dados do monitoramento da qualidade da água em diferentes pontos ao longo do Córrego Buriti

Parâmetros	PONTO 1				PONTO 2				PONTO 3				PONTO 4				CONAMA 357/2005
	M _{ax}	M _{in}	M _e	O	M _{ax}	M _{in}	M _e	O	M _{ax}	M _{in}	M _e	O	M _{ax}	M _{in}	M _e	O	
pH	8,08	7,4	7,67	0,24	8,13	7,17	7,72	0,34	8,09	7,12	7,66	8,09	7,79	7,31	7,55	0,170	6,0 a 9,0
Condutividade	141,6	5,5	98,45	43,31	159,1	131,4	138,21	9,666	131,2	110,12	123,33	6,96	459	30,3	168,3	135,58	-
Temperatura da Água	29,9	25,7	27,37	1,61	33,7	25,8	29,51	2,38	32,5	25,8	30,11	2,20	30,3	24,6	27,68	1,92	-
Turbidez	66	2,44	12,6	23,55	18,8	2,11	6,57	5,70	40,35	5,1	17,39	14,27	8,54	1,33	3,49	2,70	100 NTU
Cor	96,4	14,4	42,57	28,19	33,4	4,2	20,27	12,30	95,2	11,7	43,91	32,07	48	2	14,55	17,09	75 mg Pt/L
Oxigênio Dissolvido	7,3	5,5	6,15	0,55	6,9	4,6	5,62	0,78	5,9	3,5	4,84	0,72	7,5	4,7	6,7	0,95	> 5 mg/L O ₂
Sólidos Suspensos Totais	49	1	8,71	17,78	12	0	3,42	4,27	26	4	13	7,23	15	0	5,14	5,209	-
Sólidos Totais Dissolvidos	78	54	60,16	9,36	87	5,2	64,53	29,61	72	6,9	57,81	25,04	74	7,2	59,53	25,87	500 mg/L
Nitrito	7	1	3,14	2,26	12	2	4,57	3,40	16,5	1	5,64	5,39	6,5	2	4,02	1,46	1,0 mg/L
Nitrato	1,1	0,9	0,95	0,07	1,6	0,8	1,3	0,27	3,3	0,3	1,15	0,99	4,3	0,4	2,85	1,22	10,0 mg/L
Nitrogênio Amoniacal	0,95	0,11	0,36	0,31	0,92	0,06	0,33	0,32	0,97	0,17	0,41	0,28	0,45	0,07	0,18	0,12	3,7mg/L N, para pH £ 7,5; 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH £ 8,0; 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH £ 8,5
Fósforo total	2,1	1	1,35	0,40	3	1	1,42	0,70	1,7	0,9	1,28	0,27	2,5	1	1,42	0,49	0,03 mg/L lânticos; 0,1 mg/L lóticos
Cloreto	35,78	19,38	24,70	5,59	31,31	22,86	25,91	2,80	36,28	20,37	26,26	5,26	32,3	21,37	25,06	3,49	250 mg/L
Coliformes Totais	2.419,6	1.986,3	2.357,7	163,7	2.419,6	461,1	2.139,81	740,24	2.419,6	365,4	1.421,7	1021,47	2.419,60	2.419,60	2.419,60	0	-
Coliformes Termotolerantes	2419,6	235,9	1198,71	912,26	2.419,6	30,8	1.081,55	773,53	2.419,6	39,9	875,55	1098,25	2.419,6	307,6	937,8	765,25	1.000 NMP/100 ml

Nota: M_{ax} = máximo; M_{in} = mínimo; M_e = média; O = desvio padrão.

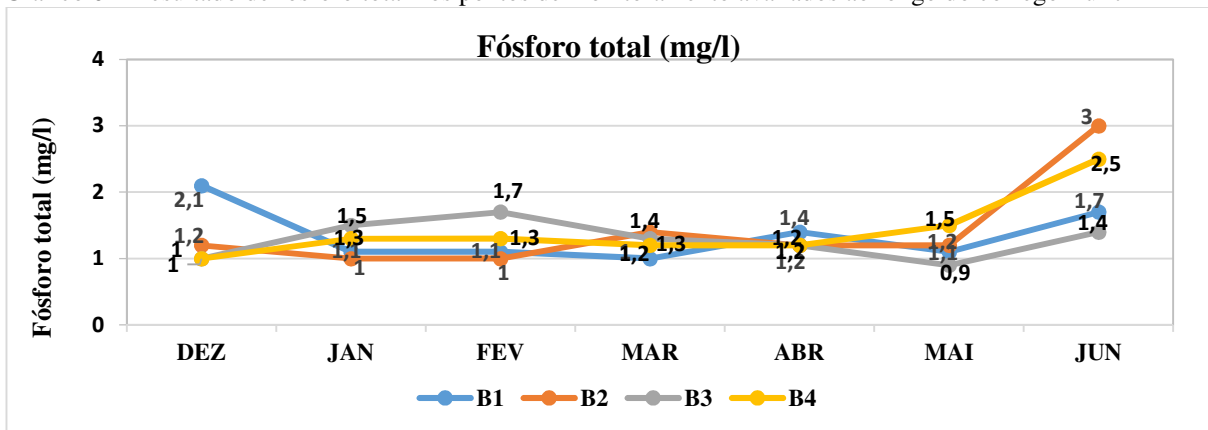
Fonte: Autores (2021)

Como pode ser observado na Tabela 2, os parâmetros: Cor, Nitrito, Fósforo total, Oxigênio Dissolvido e Coliformes termotolerantes para o córrego Buriti apresentaram valores acima dos limites estabelecidos pela Resolução Conama 357/2005.

Para o parâmetro cor, foram observados resultados acima do que é preconizado pela legislação para os pontos 1 e 3, os quais apresentaram valores máximos de 96,4 e 95,2 mg Pt/L, respectivamente.

No Gráfico 6, podem ser analisados os resultados para o fósforo total ao longo dos meses de monitoramento para todos os pontos analisados. Como pode ser observado, as concentrações de fósforo apresentaram variações semelhantes entre os pontos de monitoramento, merecendo destaque o ponto 2, para o qual foi verificado o maior valor registrado (3 mg/l) durante o monitoramento do canal no mês de junho de 2021.

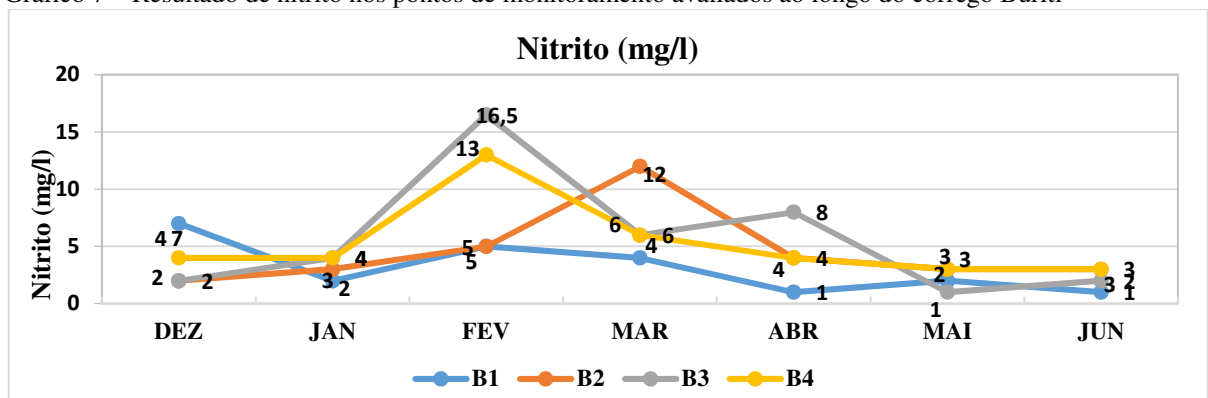
Gráfico 6 – Resultado de fósforo total nos pontos de monitoramento avaliados ao longo do córrego Buriti



Fonte: Autores (2021)

No que diz respeito ao nitrito (Gráfico 7), observaram-se valores acima do recomendado pela legislação para todos os meses em todos pontos analisados, merecendo destaque os pontos 3 e 4 no mês de fevereiro de 2021, para os quais foram registrados valores máximos de 16,5 e 13 mg/l, respectivamente. Destaca-se que o ponto 3 está totalmente inserido na área urbana, localizado em uma represa oriunda do barramento do córrego Buriti (Parque das Águas), tendo sua dinâmica de fluxo da água totalmente alterada pelo empreendimento, o que pode ter influenciado nos resultados obtidos. Apesar de localizar-se em um trecho final da área urbanizada, o ponto 4 também é um ponto com bastantes alterações, visto que, nas proximidades do córrego, há muitas irregularidades, tais como: presença de erosão, assoreamento, ocupação das margens do curso d’água, presença de lixo, além de estar próximo a uma obra destinada à canalização da drenagem das águas pluviais.

Gráfico 7 – Resultado de nitrito nos pontos de monitoramento avaliados ao longo do córrego Buriti

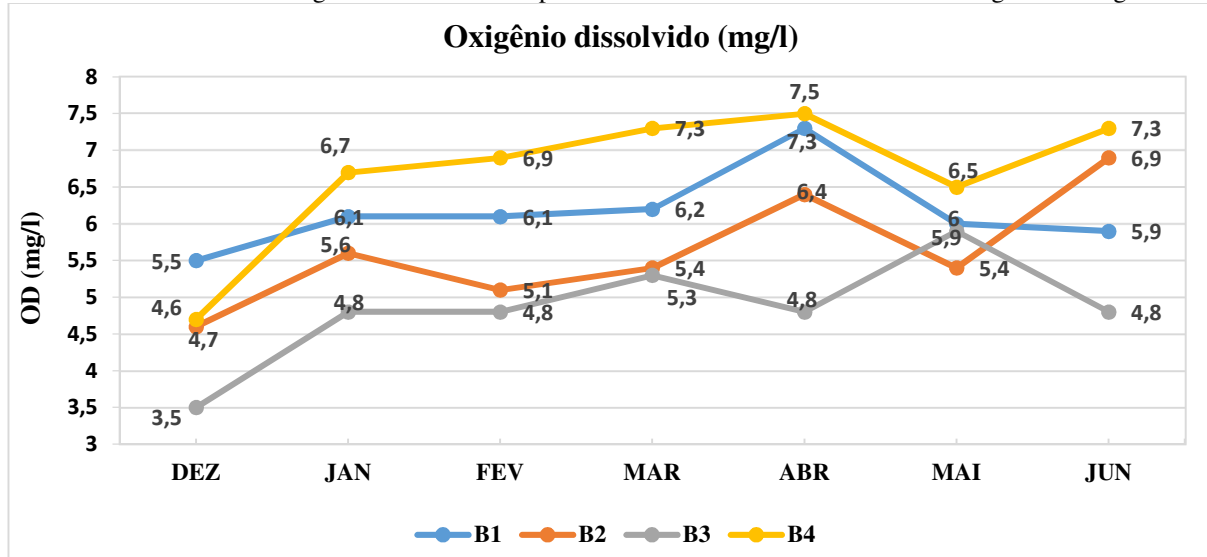


Fonte: Autores (2021)

O Gráfico 8 apresenta os resultados obtidos para o parâmetro Oxigênio Dissolvido (OD). Como pode ser observado, os pontos 2 e 4, no mês de dezembro, apresentaram valores abaixo dos limites preconizados pela legislação, 4,6 e 4,7 mg/l, respectivamente. Entretanto, o ponto mais crítico foi o ponto 3, que se manteve por vários meses com valores fora do recomendado, destacando-se em relação aos demais pontos com os menores valores registrados, tendo registrado o valor mínimo de 3,5 mg/l no mês de dezembro. A hipótese levantada para tal resultado relaciona-se com as características do ambiente local (represado), ou seja, um ambiente de águas lânticas, o qual, devido às suas características hidráulicas, tende a sentir os efeitos das atividades urbanas no seu entorno de forma mais significativa, uma vez que a dinâmica de movimentação da água e, por conseguinte, a oxigenação do ambiente aquático, diminuem a capacidade de autodepuração do meio. A esse respeito, Yustiani e Komariah (2017) citam que, quando um curso d'água tem sua capacidade de biodegradação reduzida, será necessário tratamento adicional para os efluentes lançados e estratégias específicas para minimizar os efeitos da poluição.

Comparativamente aos demais pontos, o ponto 1 apresentou todos os resultados em conformidade com a legislação, sofrendo poucas variações ao longo dos meses analisados, o que pode ser justificado por sua localização. Este é o ponto com menores alterações promovidas pelo desenvolvimento urbano. Resultados semelhantes foram observados por Medeiros, Silva e Lins (2018) ao estudarem a qualidade da água na Bacia do Rio Longá, no Piauí. Os autores registraram valores em discordância com a legislação nos pontos monitorados ao longo da área urbana, enquanto que os pontos fora do contexto urbano atenderam o que preconiza a lei (> 5mg/l).

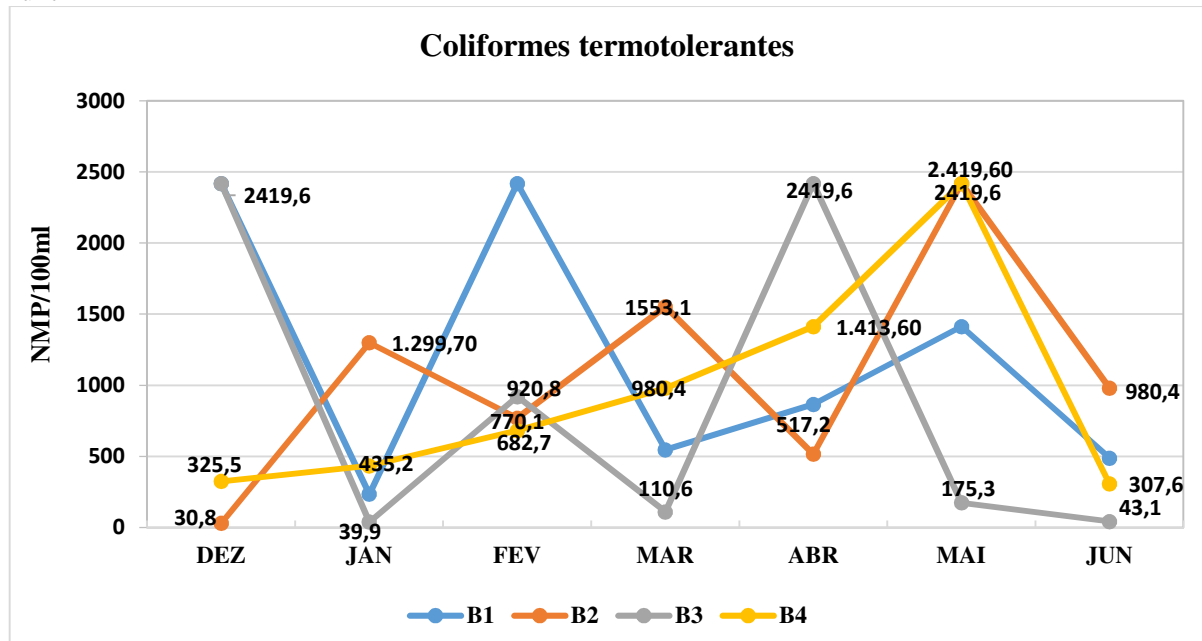
Gráfico 8 – Resultado de oxigênio dissolvido nos pontos de monitoramento avaliados ao longo do córrego Buriti



Fonte: Autores (2021)

Ao analisarmos os resultados obtidos para coliformes termotolerantes (Gráfico 9), é possível notar que os resultados foram bastantes variáveis ao longo dos pontos analisados, apresentando valores acima do recomendado por lei para todos os pontos. Tais resultados indicam uma provável contaminação por esgoto cloacal, o que é bastante preocupante, pois a população, ao entrar em contato com a água, pode estar suscetível a uma série de doenças veiculadas pela água.

Gráfico 9 – Resultado de coliformes termotolerantes nos pontos de monitoramento avaliados ao longo do córrego Buriti



Fonte: Autores (2021)

Em síntese, ao comparar os dois cursos d’água, foi verificado que os parâmetros cor, oxigênio dissolvido, nitrito, fósforo total e coliformes termotolerantes apresentaram valores em discordância com a legislação para ambos os córregos.

Também foram observados, para o córrego Buriti, valores médios para os parâmetros temperatura, cor, condutividade, sólidos totais dissolvidos e cloretos superiores aos registrados para o córrego Pernada em todos os pontos avaliados, exceto para o parâmetro cloreto no P4 (córrego Pernada), o qual pode ter sido influenciado pelo lançamento do efluente tratado a montante do referido ponto. A diferenciação nos resultados pode ter relação com as características individuais das bacias dos córregos em análise, indicando que na bacia do córrego Buriti há maior disponibilidade de elementos químicos presentes nos solos e nas rochas e, por conseguinte, na água.

Outro parâmetro que merece ser comparado é a concentração de oxigênio dissolvido. Foram verificados, para o córrego Buriti, valores médios inferiores aos registrados para o córrego Pernada. Como não foram identificados aportes de matéria orgânica no córrego Buriti que explicassem os resultados, as diferenças observadas em relação a esse parâmetro podem ser justificadas pelas características hidráulicas individuais dos corpos d’água analisados, tais como velocidade da água e declividade dos canais, sendo observado, durante as visitas a campo, que o córrego Pernada possui maior velocidade de fluxo da água e, ainda, apresenta um relevo mais elevado. A esse respeito, Blume *et al.* (2010) citam que o fluxo da água em ambientes mais íngremes proporciona maior turbulência na água, o que tende a aumentar a troca de oxigênio entre a interface ar-água e, por consequência, aumenta a concentração do oxigênio dissolvido no curso d’água.

No geral, ambos os canais apresentam problemas importantes em relação à qualidade da água nos diferentes pontos analisados. No caso do córrego Buriti, o P3, localizado no lago do Parque das Águas, merece atenção especial, pois é uma área bastante utilizada pela população para lazer. Já no córrego Pernada, destaca-se o P4, uma vez que esse ponto se encontra à jusante do lançamento do efluente tratado oriundo da ETE Pernada, sendo os resultados encontrados diretamente influenciados pelo material lançado no curso d’água.

Considerações finais

Os resultados encontrados nesta pesquisa permitem concluir que:

- Os problemas decorrentes da urbanização e da ausência de saneamento básico representam os principais fatores da degradação ambiental dos corpos d'água avaliados (Pernada e Buriti), os quais têm produzido impactos significativos sobre a qualidade da água.
- Tanto o córrego Pernada como o Buriti apresentaram padrões de qualidade da água para os diversos parâmetros analisados em discordância com a legislação, merecendo destaque para ambos os canais os parâmetros nitrito, fósforo total, oxigênio dissolvido e coliformes termotolerantes, para os quais foram encontradas irregularidades em relação ao preconizado.
- No córrego Pernada, o ponto 4 merece uma atenção especial, uma vez que foram verificadas alterações importantes para vários parâmetros analisados, especialmente para o nitrogênio amoniacal, cloretos, oxigênio dissolvido e coliformes termotolerantes. Ressalta-se que tal ponto localiza-se à jusante do lançamento do efluente tratado pela ETE Pernada, indicando que as alterações observadas estão sendo influenciadas pelo material lançado. Assim, é de suma importância a continuidade do monitoramento neste ponto com o intuito de acompanhar possíveis alterações da qualidade da água.
- O córrego Buriti também apresentou alterações significativas, notadamente para os parâmetros cor, nitrito, fósforo total, oxigênio dissolvido e coliformes termotolerantes, os quais apresentaram valores em discordância com a legislação.
- Deve ser dada uma atenção especial ao ponto 3 no córrego Buriti, pois apresentou os piores resultados em relação aos demais pontos estudados para este canal, em especial para os parâmetros nitrito, fósforo total e oxigênio dissolvido, o que pode ter sido influenciado pelas características do ambiente local (represa).

Por fim, é importante destacar que os resultados encontrados são reflexos do ambiente em que os corpos d'água estão inseridos; assim, faz-se necessária uma atenção especial por parte do poder público, especialmente em relação à manutenção das áreas de preservação permanente ao longo dos canais, investimentos em saneamento básico, além de políticas públicas mais efetivas em relação ao uso e à ocupação do solo no entorno dos corpos hídricos urbanos.

Referências

ALMEIDA, I. W.; MACIEL, G. F.; ALMEIDA, R. F. B. Tratamento de efluentes domésticos e o desafio para o atendimento dos padrões de enquadramento do corpo receptor. *In*: SERRA, J. C. V.; SOUZA, M. H. R. de; OLIVEIRA, S. M. Dias de. (org.). **Estudos ambientais, educacionais e de saúde para comunidades do Tocantins**: ações de extensão. 1. ed. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2019. v. 2. p. 27-61.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENTAL FEDERATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 23. ed. Washington: APHA, AWWA, WEF, 2017.

BLUME, K. K. *et al.* Water quality assessment of the Sinos River, Southern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 4 (suppl.), p. 1190-1193, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-69842010000600008>.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Conama n. 357, de 17 de março de 2005**. 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, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005. Disponível em:

<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 4 mar. 2021.

CONTE, V. D. *et al.* Qualidade microbiológica de águas tratadas e não tratadas na região nordeste do Rio Grande do Sul. **Infarma**, Brasília, v. 16, n. 11-12, p. 83, 2004.

COVARRUBIA, J. C.; RAYBURG, S.; NEAVE, M. The influence of local land use on the water quality of urban rivers. **International Journal of GEOMATE**, Japan, v. 11, p. 2.160, July 2016.

MAHANAYAK, B.; PANIGRAHI, A. K. Sustainable management of the aquatic ecosystem and the fishermen cooperative societies in India: a brief review. **Uttar Pradesh Journal of Zoology**, Muzaffarnagar, India, 42 (16), p. 29, 2021.

MEDEIROS, W. M. V.; SILVA, C. E. da; LINS, R. P. M. Avaliação sazonal e espacial da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Longá, Piauí, Brasil. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté-SP, v. 13, n. 2, p. 12, 2018.

MOLISANI, M. M. *et al.* Emissões naturais e antrópicas de nitrogênio, fósforo e metais para a bacia do Rio Macaé (Macaé, RJ, Brasil) sob influência das atividades de exploração de petróleo e gás na Bacia de Campos. **Química nova**, São Paulo, SP, v. 36, p. 27-66, 2013.

PIMENTA, R. H. O.; REIS, S. P.; FONSECA, M. da. Diagnóstico ambiental em três trechos distintos do Córrego Capão, Regional Venda Nova, Município de Belo Horizonte-MG. **Revista Petra**, Belo Horizonte, MG, v. 2, n. 1, p. 157, jan./jul. 2016.

SADO-INAMURA, Y.; FUKUSHI, K. Considering Water Quality of Urban Rivers from the Perspectives of Unpleasant Odor. **Sustainability**, p. 01, 2018.

SILVA, G. S. *et al.* Avaliação da qualidade das águas do Rio São Francisco Falso, tributário do reservatório de Itaipu, Paraná. **Eclética Química**, São Paulo, SP, v. 35, n. 3, p. 117-122, 2010.

SMITH, W. S.; SILVA, F. L. da; BIAGIONI, R. C. River dredging: when the public power ignores the causes, biodiversity and Science. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, SP, v. 22, p. 01, 2019.

SOUSA, E. M. S.; FERREIRA, E. A.; MORAES, M. V. A. R. Análise da intervenção antrópica no balneário Curva São Paulo em Teresina – PI. **Revista de Geociências do Nordeste – REGNE**, Caicó - RN v. 2, Edição Especial, p. 1058-1059, 2016.

VALENTIM, L. S. O. **Contaminação do solo e dos mananciais no brasil**: contextos e perspectivas. Rio de Janeiro, RJ, Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), 2020.

YANG, S. *et al.* A novel assessment considering spatial and temporal variations of water quality to identify pollution sources in urban rivers. **Scientific Reports**, (2021) 11, 8714. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87671-4>.

YUSTIANI, Y. M.; KOMARIAH, I. Investigation on the biodegradation capacity of urban rivers in Jakarta, Indonesia. **International Journal of GEOMATE**, Tsu, Japan, v. 12, p. 46, June 2017.