

A qualidade das águas da Lagoa Cárstica de Santo Antônio – Pedro Leopoldo (MG)

Frederico Azevedo Lopes¹; Fernando César da Costa²; Diego Rodrigues Macedo³ Maria Giovana Parizzi⁴, Ana Carolina Novaes de Andrade⁵, Carla Fernanda Silva Garcia⁶

Resumo – Este artigo apresenta os resultados do monitoramento da qualidade das águas superficiais da Lagoa de Santo Antônio, localizada no município de Pedro Leopoldo (MG), integrante da APA Carste de Lagoa Santa. O estudo foi conduzido ao longo de um ano hidrológico (2022–2023), com coletas trimestrais em quatro pontos da lagoa, sendo analisados parâmetros físico-químicos, biológicos e microbiológicos, com base nos padrões legais para águas doces de Classe 2 (COPAM/CERH-MG 08/2022), além do cálculo do Índice de Qualidade das Águas (IQA/IGAM). Os resultados indicaram violações sistemáticas nos valores de fósforo total e, em algumas campanhas, de *Escherichia coli* e oxigênio dissolvido, apontando indícios de eutrofização acelerada e contaminação por esgotos domésticos, decorrentes de fontes pontuais e difusas de poluição. Este quadro, associado a condições ambientais favoráveis à estratificação térmica, tem acarretado episódios recorrentes de mortandade de peixes. A readequação das redes de esgoto, estação elevatória, drenagem pluvial e a delimitação de APP, são essenciais para assegurar os objetivos de usos múltiplos das águas da lagoa e minimizar os riscos à saúde pública da comunidade local.

Abstract – This paper presents the results of monitoring the surface water quality of Santo Antônio Lagoon, located in the municipality of Pedro Leopoldo (MG), part of the Carste Lagoa Santa Protection Unit (CLSPU). The study was conducted over a hydrological year (2022–2023), with quarterly sampling at four points within the lagoon, analyzing Physical, chemical, biological, and microbiological parameters were analyzed based on legal standards for Class 2 freshwater (COPAM/CERH-MG 08/2022), in addition to calculating the Water Quality Index (IQA/IGAM). The results indicated systematic violations in total phosphorus levels and, in some campaigns, *Escherichia coli* and dissolved oxygen, indicating accelerated eutrophication and contamination from domestic sewage, resulting from point and diffuse pollution sources. This situation, combined with favorable environmental conditions to thermal stratification, has led to recurrent fish kills. Redesigning the sewage networks, sewage lift stations, stormwater drainage, and delimiting the Preservation Areas (APP) are essential to ensure the multiple uses of the lagoon's waters and to minimize risks to the public health of the local community.

Palavras-Chave – Lagoa cárstica, Qualidade da água, poluição, urbanização.

¹Universidade Federal de Minas Gerais – Geóg., DSc., IGC/UFMG., fredericolopes@ufmg.br.

²Universidade Federal de Minas Gerais – Farm., MSc., IGC/UFMG., fernandocesar_mg@yahoo.com.br.

³Universidade Federal de Minas Gerais – Geóg., DSc – IGC/UFMG., diegorm@ufmg.br.

⁴Universidade Federal de Minas Gerais – Geól. DSc – IGC/UFMG., mgparizzi18@gmail.com.

⁵Universidade Federal de Minas Gerais – Discente do Curso Geografia – IGC/UFMG., anacarolinan23@gmail.com.

⁶Universidade Federal de Minas Gerais – Discente do Curso Geologia – IGC/UFMG, nandacarla04@gmail.com.

1. INTRODUÇÃO

A Lagoa de Santo Antônio, situada no município de Pedro Leopoldo (MG), é uma lagoa cárstica inserida na Área de Proteção Ambiental (APA) do Carste de Lagoa Santa, uma das regiões mais sensíveis do ponto de vista geoespacial e ecológico da porção central de Minas Gerais. Do ponto de vista geológico, as rochas aflorantes no entorno da lagoa pertencem ao Grupo Bambuí. Destaca-se, na área de estudo, o Membro Lagoa Santa da Formação Sete Lagoas, representado por calcários de granulometria variada, cuja coloração grada de cinza-escuro a preto quando frescos, e de cinza médio a claro à medida que se alteram (Parisi *et al.*, 2024). Deste modo, os aquíferos cársticos derivados dessa tipologia, são intrinsecamente mais vulneráveis à contaminação, em comparação aos aquíferos porosos ou fraturados, demandando um gerenciamento diferenciado dos usos do terra e das águas subterrâneas (Goldscheider; Drew 2007; Feitosa *et al.*, 2008)

O referido corpo hídrico integra o sistema aquífero Palmeira–Jaguara, pertencente à sub-bacia do Rio das Velhas. Localizada em área urbanizada e de exploração mineral, sob intensa pressão antrópica, especialmente nas duas últimas décadas, acarretando em descaracterização das feições naturais e comprometimento de suas funções hidrológicas e ecológicas. Neste sentido, o processo de urbanização sem o devido planejamento, na região da APA Carste, é marcado pela deficiência de infraestrutura urbana, especialmente nos sistemas de esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos (IBAMA, 1998; Tayer; Velásquez, 2017), impactando inclusive, a qualidade das águas subterrâneas (Aragão *et al.*, 2020).

A ocupação crescente do entorno da lagoa tem promovido significativa impermeabilização da bacia de contribuição direta, alterando o regime de escoamento superficial. Empreendimentos imobiliários aprovados recentemente passaram a lançar diretamente na lagoa os volumes de águas pluviais captados, sem a intermediação de soluções sustentáveis para retenção ou tratamento. Como resultado, o espelho d'água passou a apresentar comportamento hidrológico anômalo, com elevações expressivas do nível d'água durante chuvas, mesmo de média intensidade, e manutenção de altos níveis em períodos secos. As inundações recorrentes têm impactado diretamente os moradores do entorno e acelerado os processos de degradação ambiental, com eventos de mortandade de peixes no referido corpo hídrico e florações de cianobactérias aparentes (Parisi *et al.*, 2024).

No entanto, mesmo com tais condições adversas, a área ainda é tem sido utilizada para atividades de recreação de contato primário (banho) e secundário (pesca). Neste contexto, este trabalho visa avaliar a qualidade das águas da Lagoa de Santo de Santo Antônio em relação ao enquadramento vigente.

2. METODOLOGIA

A qualidade da água da Lagoa de Santo Antônio foi monitorada em quatro pontos ao longo de um ano hidrológico, entre agosto de 2022 e setembro de 2023, com campanhas trimestrais que buscaram avaliar os efeitos da variação sazonal nos níveis de oxigênio dissolvido (OD), *Escherichia coli* (*E.coli*), pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20}), nitrato, fosfato total, variação da temperatura da água, turbidez e sólidos totais. Os pontos (1 a 4) foram distribuídos no espelho d'água para representar os principais usos identificados, como recreação de contato primário e secundário (Figura 1).

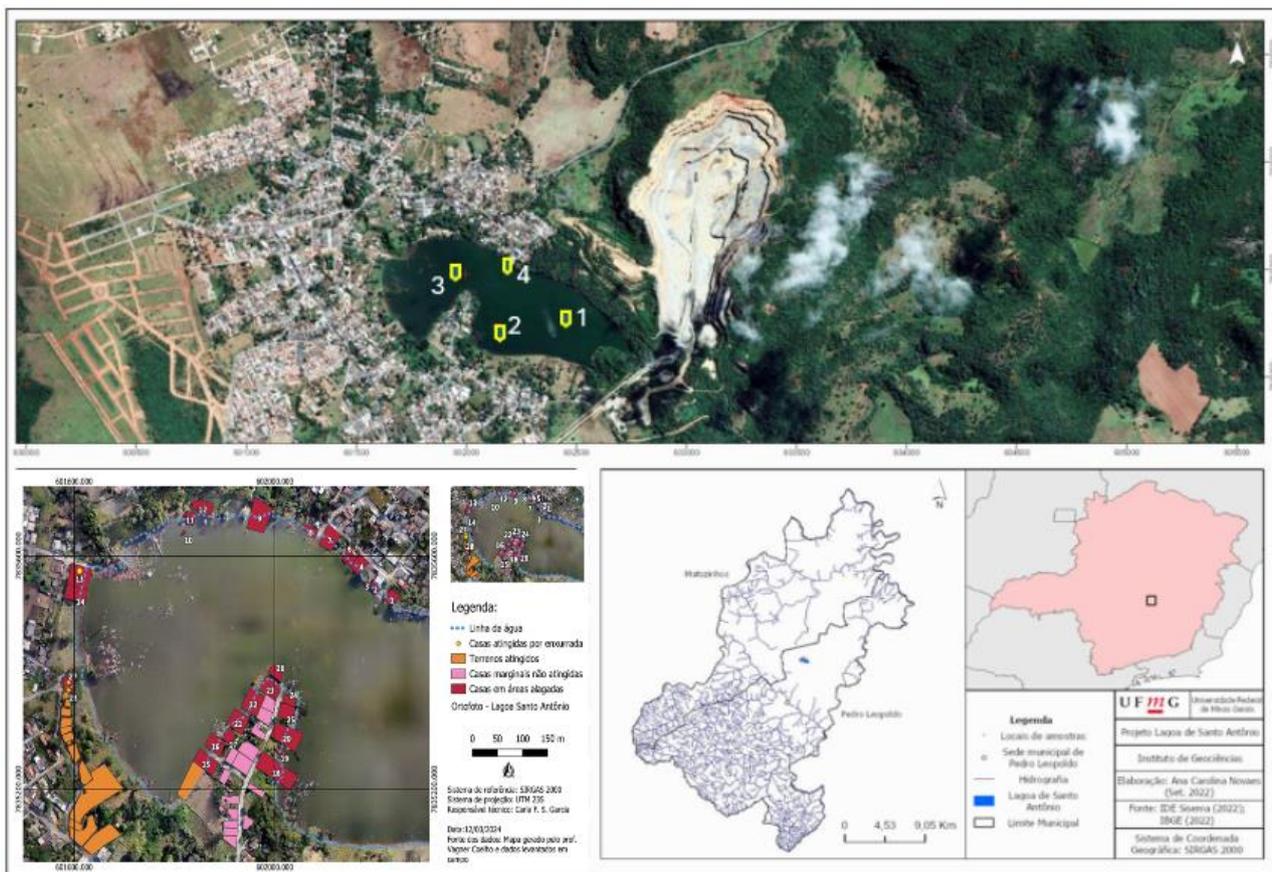


Figura 1. Localização da Lagoa de Santo Antônio (superior) e Lagoa de Vargem da Pedra (inferior) e respectivos pontos de amostragem.

As coletas foram superficiais, realizadas pela manhã, com uso de barco na Lagoa de Santo Antônio (CETESB, 2011). As análises de *E. coli* foram realizadas junto ao Instituto de Ciências Biológicas da UFMG, pelo método *Colilert Idexx Quanti-Tray 2000*. Parâmetros como temperatura e pH foram medidos em campo com sonda multiparâmetros *Hanna HI8424*; os demais, analisados no Laboratório de Geomorfologia do Instituto de Geociências/UFMG, conforme procedimentos APHA (2017).

Os resultados foram comparados com os limites da Classe 2 definidos pela DN COPAM-CERH-MG nº 08/2022. Utilizou-se o Índice de Qualidade das Águas (IQA), com nove parâmetros ponderados segundo metodologia do IGAM (2005), adotando-se a substituição dos coliformes termotolerantes por *E. coli* no IQA seguiu-se o padrão já adotado pelo IGAM desde 2013. Também foi feita a substituição dos sólidos totais por sólidos totais dissolvidos (STD), sem impacto na classificação final devido à baixa turbidez observada.

3. RESULTADOS

Dentre os resultados obtidos nas campanhas de monitoramento da qualidade das águas, os valores de fósforo total (0,033 a 0,077mg/L) extrapolaram o máximo permitido para águas de classe 2 (0,03 mg/L), conforme DN 08/2022 (Minas Gerais, 2022). Tal situação fora observada em todas as campanhas e pontos amostrais, independentemente das condições sazonais, sendo as concentrações mais elevadas, observadas no ponto LSA03 (Figura 2).

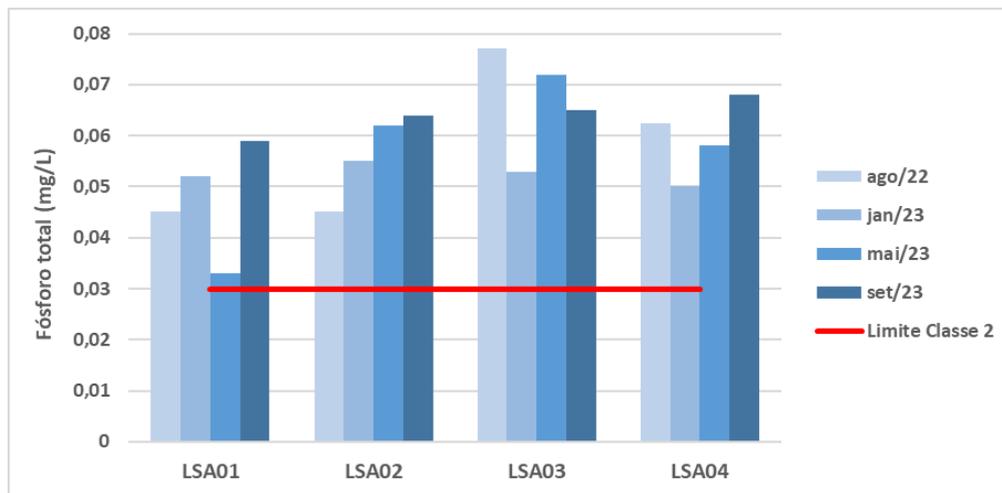


Figura 2. Evolução e distribuição das concentrações de Fósforo total para a Lagoa de Santo Antônio

As concentrações de *E.coli*, por sua vez, apresentaram violações ao padrão da referida classe (1.000 ufc/100mL), nas segunda e terceira campanhas, para os pontos LSA04 e LSA03, respectivamente (Figura 3). Os referidos pontos estão localizados onde foram identificados os principais focos de concentração de banhistas e pescadores. Haja vista a demanda pelos referidos usos e o princípio da precaução, é prudente a consideração também dos padrões específicos de balneabilidade na Lagoa de Antônio, estabelecidos pela legislação (Brasil, 2000).

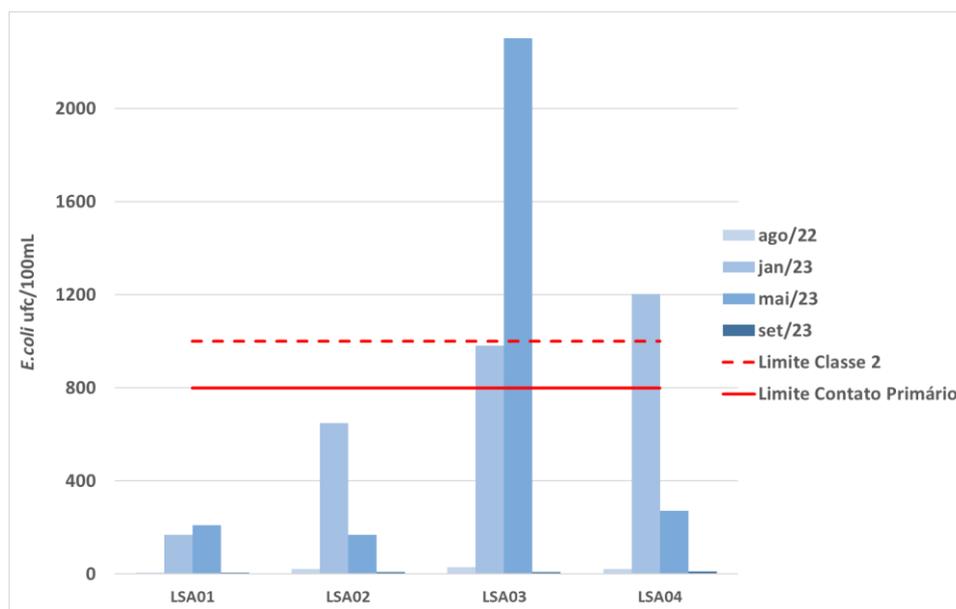


Figura 3. Evolução e distribuição das concentrações de *Escherichia coli* para a Lagoa de Santo Antônio.

Neste contexto, os pontos LSA01 e LSA02, ao longo de toda a série amostral estiveram abaixo até do padrão para a recreação de contato primário em águas doces no Brasil, de 800 ufc/100mL. Entretanto, para a classificação das condições de balneabilidade, é exigido um conjunto de 5 amostras semanais ou 5 amostras com intervalo mínimo de 24 horas, adotando-se o critério de 80% dos resultados. Sendo assim, a frequência do monitoramento realizado não permite tal classificação.

Na 3ª campanha, as concentrações de oxigênio dissolvido (Figura 3) nas águas da Lagoa de Santo Antônio estiveram inconformes aos padrões estabelecidos (≥ 5 mg/L), demonstrando um comportamento atípico em relação aos demais períodos avaliados, em que os níveis de oxigênio

alcançaram valores próximos ou até superior ao valor de saturação (9,2 mg/L). Embora inversamente correlacionados, os níveis de demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20}) não apresentaram violações para no referido corpo hídrico.

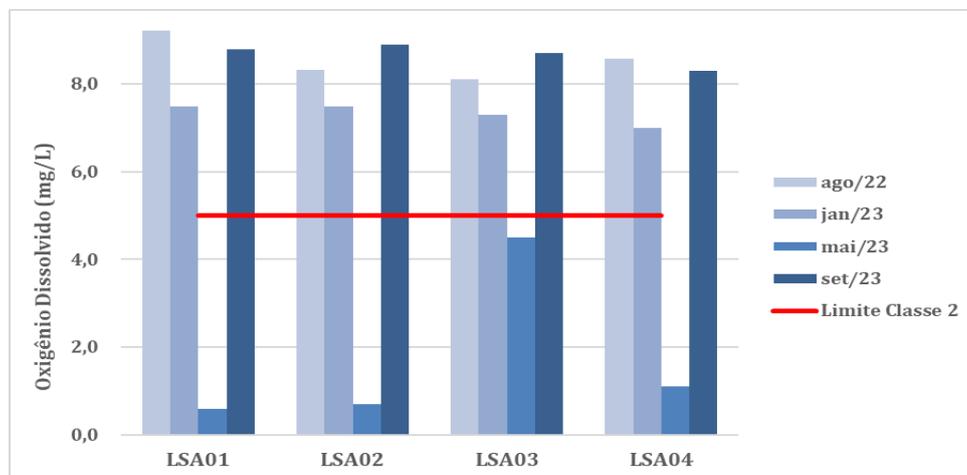


Figura 3. Evolução e distribuição das concentrações de Oxigênio dissolvido para a Lagoa de Santo Antônio

Os valores para o potencial hidrogeniônico (Figura 4), observados na quarta campanha, junto aos pontos LSA02 (9,03) e LSA03 (9,07), estiveram acima da faixa prevista para a referida variável (6 a 9), que também é aplicável aos limites para o uso recreacional das águas, conforme a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 274 de 2000 (Brasil, 2000).

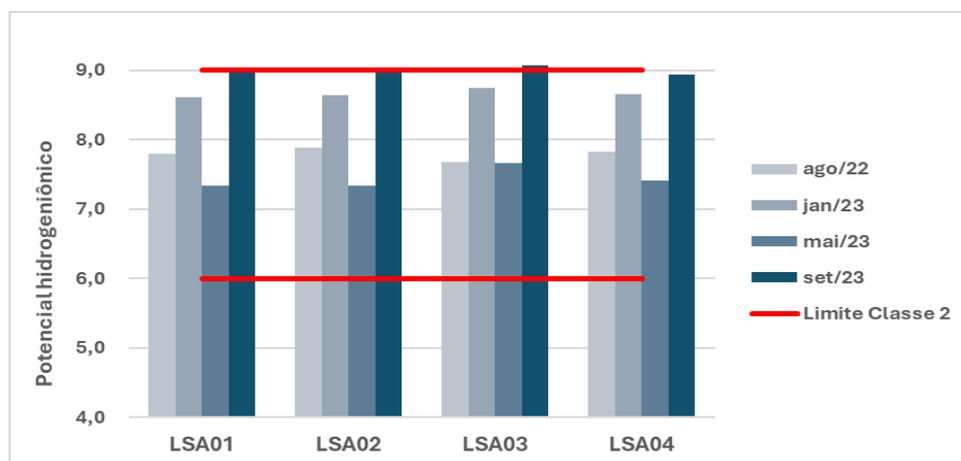


Figura 4. Evolução e distribuição das concentrações de pH para a Lagoa de Santo Antônio

Em relação aos resultados do Índice de Qualidade das Águas – IQA, para a lagoa de Santo Antônio, os resultados variaram entre 47 e 87 (Tabela 1), enquadrando-se nas classes Ruim ($25 < IQA \leq 50$) e Bom ($70 < IQA \leq 90$).

Tabela 1. Resultados do IQA e classificação quanto à respectiva classe de qualidade.

Estação	Agosto 2022	Janeiro 2023	Maió 2023	Setembro 2023	Legenda IQA
LSA01	87	74	*	81	Excelente 90 < IQA ≤ 100
LSA02	84	70	47	80	Bom 70 < IQA ≤ 90
LSA03	80	68	61	79	Médio 50 < IQA ≤ 70
LSA04	82	68	*	80	Ruim 25 < IQA ≤ 50
					Muito Ruim IQA ≤ 25

* Resultado não possível devido a ausência de dados de DBO_{5,20}.

Tais resultados foram influenciados especialmente pelas concentrações de OD e E.coli, por serem as variáveis com maiores pesos para o cálculo do índice, bem como as concentrações de fósforo total em todas as amostras. Os pontos LSA02 e LSA03 foram os que apresentaram, relativamente, os piores desempenhos quanto a classificação do IQA (47 e 61), sendo estes referentes à terceira campanha de amostragem, realizada em maio de 2023. O ponto LSA01, por sua vez, apresentou classificação “Bom”, nas avaliações realizadas.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O processo de ocupação antrópica, em uma bacia hidrográfica, pode proporcionar impactos sobre os sistemas aquáticos, comprometendo seus possíveis usos, devido à poluição pontual e/ou difusa, de atividades associadas a atividades agrícolas, industriais e urbanas (Von Sperling, 2014; Magalhães Junior; Lopes, 2022). Neste contexto, os resultados obtidos para a Lagoa de Santo Antônio, demonstram a presença de carga orgânica, tanto de origem natural (decomposição da vegetação submersa com a elevação do nível das águas), quanto efluentes domésticos, haja vista os níveis de fósforo total, observados acima dos padrões, em todas as amostragens. Tal condição, influi diretamente na aceleração do processo de eutrofização acelerada da lagoa, favorecendo a proliferação de cianobactérias, redução dos níveis de oxigênio dissolvido e elevação da turbidez das águas, podendo acarretar eventos de mortandade de peixes (Chorus; Welter, 2021), como já ocorrido.

No caso da Lagoa de Santo Antônio, após o período chuvoso dos anos hidrológicos de 2019/2020 e 2020/2021, fora reportado o aumento do nível d'água, com suas águas inundando ruas próximas e que cortavam este corpo hídrico, bem como áreas do entorno com presença de vegetação, contrastando com o observado para os anos anteriores, nos quais a lagoa manteve um padrão de nível d'água mais baixo. Deste modo, a decomposição dessa matéria orgânica vegetal, associada à baixa taxa de renovação das águas (tempo de residência) e a influência da já presente carga de efluentes domésticos, pode ter contribuído para a intensificação do processo de eutrofização, seguido por florações de cianobactérias.

Cabe ressaltar que, as cianobactérias são organismos comuns em diversos ambientes aquáticos, apresentando características distintas de ocorrência e distribuição, em função de condições climáticas, meteorológicas e disponibilidade de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo, estando este, sempre acima dos padrões estabelecidos para a classe 2 (Minas Gerais, 1997), servem como fonte de alimento para algas e plantas aquáticas que podem, assim,

proliferar. Tais nutrientes geralmente estão associados às descargas de esgotos domésticos e industriais dos centros urbanos e fertilizantes em regiões agricultáveis, o que conseqüentemente causa impactos antrópicos nos ecossistemas aquáticos (Giani, 2014).

Associado ao quadro prévio de eutrofização das águas da lagoa, as elevadas temperaturas observadas no período anterior à mortalidade de peixes, reportada em agosto de 2022, podem ter proporcionado a estratificação térmica da lagoa, devido à elevação da temperatura superficial das águas, com conseqüente redução da densidade da camada superficial. Dessa forma, não há a circulação vertical das águas no corpo hídrico, impactando nas concentrações de oxigênio dissolvido nas camadas inferiores (Magalhães Júnior; Lopes, 2022).

Com a redução da temperatura ambiente, o equilíbrio do perfil de estratificação da coluna de água é rompido pela homogeneização da densidade entre as camadas, possibilitando, especialmente em função da ação do vento, a circulação das águas no lago. Assim, a camada superior tende a ir para o fundo do lago, deslocando a camada inferior, com baixas concentrações de oxigênio dissolvido, para a superfície, podendo acarretar, por exemplo, na mortalidade de peixes (Von Sperling, 1999; Vincent, 2018).

Os resultados do monitoramento das águas na Lagoa de Santo Antônio, para oxigênio dissolvido e pH, também são indicadores do processo de eutrofização. Os elevados valores de OD observados durante as campanhas de agosto de 2022; e janeiro e setembro de 2023, acima do ponto de saturação, em algumas amostras, são indicativos da presença de algas, pois estas, durante a fotossíntese, liberam oxigênio diretamente na coluna d'água. Por outro lado, o consumo de gás carbônico durante esse processo de fotossíntese acaba por influir nos resultados relativamente elevados de pH (Chorus; Welter, 2021), conforme observado para a lagoa de Santo Antônio, especialmente nas 2ª e 4ª campanhas.

A influência da poluição difusa na qualidade das águas da lagoa pode ser identificada na segunda campanha de monitoramento (janeiro de 2023), haja vista a ocorrência de chuvas no dia anterior à coleta, além de ser um período de maior pluviosidade. Nesta campanha, foram observadas elevação das concentrações de *E.coli* em todos os pontos de monitoramento, em relação à amostragem anterior, verificando-se a violação aos padrões do enquadramento no ponto LSA04. Essa bactéria, pertencente ao grupo dos coliformes termotolerantes, é considerada um indicador chave para a avaliação da qualidade de águas doces para usos recreacionais (Azevedo Lopes *et al.*, 2016; Davies-Colley *et al.*, 2018), sendo adotada oficialmente na norma federal (Brasil, 2000; 2005) e estadual (Minas Gerais, 2022).

Ainda em relação ao referido indicador, as maiores concentrações foram observadas nos pontos LSA03 e 04, localizados sob maior influência do trecho urbanizado da bacia, como as drenagens das ruas Luis Pires Dias Guimarães e Alagoas, respectivamente. Na 3ª campanha, mesmo sem a influência do escoamento superficial, o ponto LSA03, nas proximidades na Estação Elevatória da COPASA, apresentou as maiores altas concentrações em toda a série de dados (>2.416,6) de *E.coli*, indicando a presença de esgotos domésticos. Cabe ressaltar que, durante essa campanha de monitoramento (maio de 2023), o nível das águas da Lagoa de Santo Antônio chegou a ocupar parte da estação elevatória de esgotos, sendo observado que algumas das bocas de lobo não estavam totalmente tampadas e/ou apresentando extravasamento. Tal situação também fora observada em visita posterior, realizada no dia 27/05/2023.

Os melhores resultados, relativamente observados para o ponto LSA01, são esperados, em função de sua localização na área mais profunda da lagoa e mais distantes das fontes poluidoras. Neste caso, o processo de diluição, sedimentação e decaimento microbiano no lago, este último devido especialmente à incidência da radiação ultravioleta sobre o espelho d'água durante o tempo de residência da água no reservatório (Nelson *et al.*, 2018; Lopes *et al.*, 2020; Leite *et al.*, 2022). Já o ponto LSA02, embora sob relativa maior influência da drenagem pluvial, sua localização em área de transição urbana e pastagem, contribui para uma menor exposição aos efeitos de poluentes carregados.

5. CONCLUSÕES

A melhoria da qualidade da água da Lagoa de Santo Antônio depende da interrupção de lançamentos diretos e clandestinos de esgoto, comuns em áreas urbanas com baixa cobertura de saneamento. É fundamental eliminar fontes como fossas rudimentares e vazamentos da rede de esgoto, além de mitigar a poluição difusa gerada pelo escoamento pluvial. Um fator crítico é a presença da rede de esgotos e da estação elevatória sob o espelho d'água e em zona de inundação, o que representa risco à saúde pública e à fauna aquática. Recomenda-se seu deslocamento para fora da Área de Preservação Permanente (APP), a ser definida.

A criação de uma APP ao redor da lagoa poderá reduzir a entrada de poluentes e promover outros benefícios ecossistêmicos. Dada a prática de atividades recreativas de contato primário e secundário e a ocorrência de florações de cianobactérias, é imprescindível incluir análises de densidade dessas algas nos futuros monitoramentos, bem como estudos específicos de balneabilidade. Florações tóxicas podem causar sérios riscos à saúde humana, além de impactar os usos recreacionais da água e gerar emissões de gases de efeito estufa como o metano (CH₄).

A continuidade do monitoramento da qualidade da água é essencial para compreender sua variação sazonal e garantir que os usos estejam dentro dos padrões legais. Caso atividades recreativas sejam previstas e permitidas, é necessário um plano amostral regular e a divulgação transparente dos resultados à população.

Como atualmente, a Lagoa de Santo Antônio não está oficialmente enquadrada na Deliberação Normativa COPAM nº 20/1997, de acordo com a DN nº 08/2022, suas águas são consideradas de classe 2. Entretanto, o enquadramento deve considerar os usos preponderantes mais restritivos, não apenas os atuais, cabendo à instância competente revisar o enquadramento com base em estudos técnicos e deliberação do comitê de bacia, seguido de aprovação pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Essa proposta deve estar integrada a outros instrumentos da política hídrica e de gestão territorial, como o Plano Diretor Municipal, com metas viáveis, prazos definidos e mecanismos de revisão periódica, assegurando assim, as aspirações da sociedade em relação ao uso de seus ambientes aquáticos e o equilíbrio ecológico.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 23th. ed. Washington, DC: APHA, 2017.

ARAGÃO, F. *et al.* Natural background levels and validation of the assessment of intrinsic vulnerability to the contamination in the Carste Lagoa Santa Protection Unit, Minas Gerais, Brazil. *Environmental Earth Sciences*, v. 79, n. 31, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-020-08898-6>.

AZEVEDO LOPES, F. W. *et al.* A water quality index for recreation in Brazilian freshwaters. *Journal of Water and Health*, v. 14, p. 243-254, 2016. DOI: <https://doi.org/10.2166/wh.2015.077>.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Estabelece critérios para avaliação da balneabilidade. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 30 nov. 2000.

CETESB; ANA. *Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos*. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. 326 p.

CHORUS, I.; WELTER, M. *Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management*. 2nd ed. Geneva: WHO, 2021.

FEITOSA, F. A. C. *et al.* (ed.). *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. 812 p.

- GIANI, A. *Relatório de consultoria sobre cianobactérias e sua ocorrência no Rio das Velhas*. Ato Convocatório 002/2014. Contrato de gestão 02/IGAM/2012. 2014. 45 p.
- GOLDSCHIEDER, N.; DREW, D. *Methods in Karst hydrogeology: international contributions to hydrogeology*. v. 26. Boca Raton: CRC Press, 2007.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. *Série APA Carste de Lagoa Santa – MG*. Brasília: IBAMA, 1998. Disponível em: <https://www.cprm.gov.br/publicacoes/Gestao-Territorial/Geodiversidade/Apa-Carste-de-Lagoa-Santa-594.html>. Acesso em: [coloque a data de acesso].
- INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. *Sistema de cálculo da qualidade da água (SCQA): estabelecimento das equações do Índice de Qualidade das Águas (IQA)*. Relatório 1. 2005. Disponível em: http://aguas.igam.mg.gov.br/aguas/downloads/SCQA_final.pdf. Acesso em: [coloque a data de acesso].
- LEITE, A. C. *et al.* Evolução temporal e variação sazonal das condições de balneabilidade no Lago de Furnas – Minas Gerais / Brasil. *Revista Geografias*, v. 18, n. 1, p. 40-62, 2022.
- LOPES, F. A. *et al.* Challenges for contact recreation in a tropical urban lake: Assessment by a water quality index. *Environment, Development and Sustainability*, v. 22, n. 6, p. 5409-5423, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00415-1>.
- MAGALHÃES JUNIOR, A. P.; LOPES, F. W. A. *Recursos hídricos – As águas na interface sociedade-natureza*. São Paulo: Oficina de Textos, 2022.
- MINAS GERAIS - CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL – COPAM. *Deliberação Normativa COPAM nº 20, de 24 de junho de 1997. Estabelece o enquadramento das águas da Bacia do Rio das Velhas*. Minas Gerais, 1997.
- MINAS GERAIS. *Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08, de 21 de novembro de 2022*. 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. Diário Executivo de Minas Gerais, 2 dez. 2022.
- NELSON, K. L. *et al.* Sunlight-mediated inactivation of health-relevant microorganisms in water: A review of mechanisms and modelling approaches. *Environmental Science: Processes & Impacts*, v. 20, n. 8, p. 1089–1122, 2018.
- PARISI, M. G. *et al.* *Diagnóstico ambiental da Lagoa de Santo Antônio – Pedro Leopoldo/MG*. Relatório técnico. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Otoni – UFMG, 2024. 208 p.
- TAYER, C. T.; VELÁSQUEZ, L. N. M. Assessment of intrinsic vulnerability to the contamination of karst aquifer using the COP method in the Carste Lagoa Santa Environmental Protection Unit, Brazil. *Environmental Earth Sciences*, v. 76, n. 13, p. 445, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-017-6760-0>.
- VINCENT, W. F. *Lakes: a very short introduction*. Oxford: Oxford University Press, 2018. 146 p.
- VON SPERLING, E. *Morfologia de lagos e represas*. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1999. 137 p.
- VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. 472 p.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível graças à valiosa colaboração de diversos parceiros e apoiadores, aos quais expressamos nossa profunda gratidão. Destacamos de forma especial a Associação Movimento Lagoa Viva, cuja parceria foi decisiva para a concepção e continuidade do projeto, ao Grupo Multissetorial, à COPASA, e à Prefeitura de Pedro Leopoldo, pelo apoio institucional constante ao longo de todas as etapas. Nossos sinceros agradecimentos ao Sr. Luís, barqueiro, pela dedicação e presença em campo, aos estagiários do projeto e aos colegas da UFMG, pelo comprometimento e entusiasmo compartilhados ao longo desta jornada.