

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO LANÇAMENTO DE EFLUENTES SOBRE A QUALIDADE DE ÁGUA DE AMBIENTES LÊNTICOS: O EXEMPLO DA LAGOA DOS MACACOS, JUAZEIRO DO NORTE - CE

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF EFFLUENT DISCHARGE ON THE WATER QUALITY OF LENTIC ENVIRONMENTS: THE EXAMPLE OF LAGOA DOS MACACOS, JUAZEIRO DO NORTE – CE

Priscilla Barbosa de Araújo MOREIRA, Fernanda Alves DAMASCENO, Lucas Fernandes dos SANTOS, Vinicius Alves Pereira da LUZ, Maria Gorethe de Sousa LIMA, Ana Patricia Nunes BANDEIRA

Universidade Federal do Cariri. Avenida Tenente Raimundo Rocha, 1639 - Cidade Universitária, Juazeiro do Norte – CE. E-mail: priscilla.bam14@gmail.com; fernandamasc.f@gmail.com; fernandeslucas131@gmail.com; vinicius_apereira@hotmail.com; gorethe.lima@ufca.edu.br; ana.bandeira@ufca.edu.br

Introdução
Materiais e métodos
Área de estudo
Amostragem e métodos de análise físico-química da água
Resultados e discussões
Atendimento às Condições de Qualidade e aos Padrões do Conama
Conclusões
Referências

RESUMO - Este estudo tem o objetivo de avaliar a influência do lançamento de efluentes sobre a qualidade da água da Lagoa dos Macacos, ambiente com características lênticas, localizada no Parque Natural Municipal das Timbaúbas em Juazeiro do Norte-CE. As coletas foram realizadas no período de novembro/2021 a março/2022. Os resultados indicam que os parâmetros DBO₅, OD e SD estavam em desacordo com o que preconiza a CONAMA 357/2005 para corpos hídricos de classe 1, e que apenas a variável pH esteve na faixa estabelecida para todas as coletas realizadas durante o estudo. As elevadas concentrações de matéria orgânica e partículas sólidas revelam que a Lagoa dos Macacos vem atuando como corpo receptor de efluentes domésticos e/ou industriais indicando a presença de ligações clandestinas de esgotos nas redes de drenagem pluviais, alterando sua qualidade e trazendo risco de contaminação ao aquífero local através da infiltração. O estudo ainda evidencia que durante o período chuvoso a lagoa tem sua dinâmica mudada, fazendo com que o ambiente apresente melhores condições e conseqüentemente uma melhor qualidade de água, isso ocorre principalmente devido ao fator diluição ocasionado pelo aumento no aporte de água devido às chuvas. Esta metodologia poderá ser aplicada em quaisquer ambientes lêntico semelhante.

Palavras-Chave: Águas cinzas. Qualidade de água. Contaminação.

ABSTRACT - This study aims to evaluate the influence of effluent discharge on the water quality of Lagoa dos Macacos, an environment with lentic characteristics, located in the Timbaúbas Municipal Natural Park in Juazeiro do Norte-CE. Collections were carried out from November/2021 to March/2022. The results indicate that the BOD₅, DO and SD parameters were in disagreement with what is recommended by CONAMA 357/2005 for class 1 water bodies, and that only the pH variable was within the range established for all collections carried out during the study. The high concentrations of organic matter and solid particles reveal that Lagoa dos Macacos has been acting as a receiving body for domestic and/or industrial effluents, indicating the presence of clandestine sewage connections in the rainwater drainage networks, altering their quality and bringing risk of contamination to the local aquifer through infiltration. The study also shows that during the rainy season the lagoon's dynamics change, causing the environment to present better conditions and consequently better water quality, this occurs mainly due to the dilution factor caused by the increase in water supply due to rain. This methodology can be applied in any similar lentic environment.

Keywords: Gray waters. Water quality. Contamination.

INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado dos espaços urbanos não tem sido acompanhado pelos serviços de infraestrutura urbana em geral e, especificamente, pelo saneamento básico. Esse fator tem provocado uma pressão intensa no meio ambiente resultando, assim, na degradação e perda da qualidade de vida da população (Silva et al., 2017a).

Podemos tomar como exemplo, a ausência ou má eficiência do esgotamento sanitário, que na

grande maioria dos municípios brasileiros, contribui para a prática de descargas de efluentes domésticos e industriais em sistemas de drenagens naturais. Essa ação intensifica os problemas de poluição dos mananciais superficiais e subterrâneos (em casos de bacias de drenagem que possibilitam a infiltração da água no solo), agravando ainda mais os problemas de escassez hídrica.

Nesse contexto, Gomes & Franca (2019) afirmam que a única fonte de abastecimento público e privado no município de Juazeiro do Norte – CE é por meio de mananciais subterrâneos, onde já existem indícios de superexploração. Além disso, a falta de saneamento básico ameaça a qualidade do sistema de abastecimento de água, uma vez que o lançamento de esgotos domésticos e industriais nos rios e riachos pode alcançar o aquífero que abastece a cidade, oferecendo riscos à saúde e à economia local (Oliveira, 2014).

No município de Juazeiro do Norte, é comum o lançamento de efluentes não tratados nos corpos hídricos, inserindo elevadas quantidades de matéria orgânica, compostos nitrogenados, cloretos, potássio e magnésio nas águas superficiais que podem atingir o aquífero por meio de infiltrações (Gomes & Franca, 2019). A área de drenagem da Lagoa dos Macacos (LAM), situada no Parque

Natural Municipal das Timbaúbas (PNMT), tem sofrido ao longo do tempo intensa pressão antrópica, inclusive com despejos irregulares de efluentes domésticos, além da presença de resíduos sólidos. Essa contaminação dos corpos hídricos representa uma ameaça significativa aos ambientes lênticos pois são locais de águas quase paradas ou lentamente renovadas, como a Lagoa dos Macacos, comprometendo a qualidade da água e a saúde tanto da população como dos ecossistemas aquáticos na região.

Diante disso, sendo o Parque Natural Municipal das Timbaúbas um local de turismo ecológico, recreação e preservação ambiental e, segundo Sá (2021), sendo a Lagoa dos Macacos um importante contribuinte para a recarga do aquífero local que abastece o município, faz-se necessário analisar a influência do lançamento de efluentes sobre a qualidade da água desse corpo hídrico.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O PNMT, área objeto deste trabalho, fica localizado em Juazeiro do Norte-CE (Figura 1). O município está inserido na região metro-

politana do Cariri, Mesorregião Sul do Estado do Ceará. Possui altitude de 377 m em relação ao nível do mar e uma população estimada em 274.207 habitantes segundo o IBGE (2019).

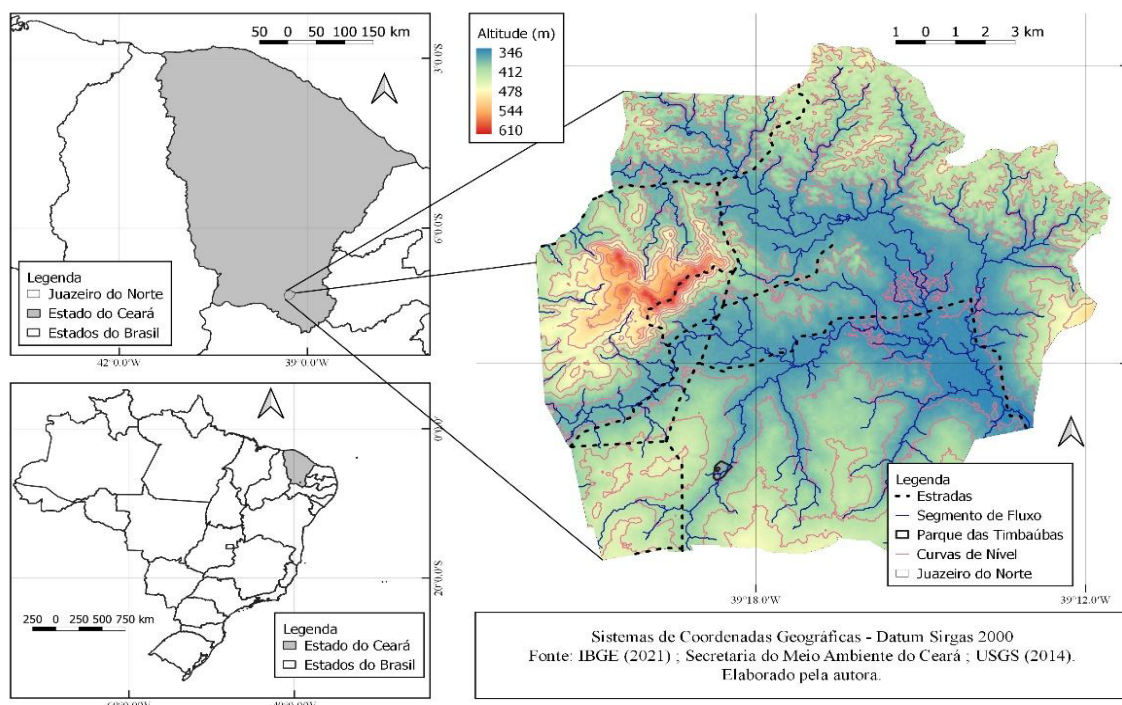


Figura 1 - Localização do município de Juazeiro do Norte-CE.

O município situa-se na sub-bacia hidrográfica do rio Salgado (que compõe a Bacia do rio Jaguaribe), cuja área de drenagem é de 12.865 km² e corresponde a 8,25% do território cearense. Essa sub-bacia abrange grande parte da Região Sul do Estado e possui o rio Salgado, com exten-

são de 308 km, como principal rio (COGERH, 2010). Segundo o IPECE (2021), Juazeiro do Norte apresenta clima tropical quente semiárido e tropical quente semiárido brando, com pluviosidade média anual de 925,1 mm, e temperatura média em torno de 24 a 26 °C, atingindo máxima

em torno de 35 °C e mínima em torno de 19 °C (INMET, 2022), com período de chuvas concentrado entre os meses de janeiro a maio.

Conforme dados disponibilizados pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE, através do Portal Ceará Transparente, no interior do Parque existem, atualmente, duas fontes naturais que são responsáveis por apenas 3,33% do abastecimento do município.

A partir do Decreto Municipal nº 352, de 23 de outubro de 2017, foi criada a primeira

Unidade de Conservação do Município, onde o Parque ficou enquadrado como Área de Proteção Integral, com denominação de Parque Natural Municipal das Timbaúbas, conforme Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000.

Nesse sentido, o PNMT (Figura 2) foi instituído com uma área de 23,40 ha, como Unidade de Conservação que visou “garantir a proteção da fauna, flora, recursos hídricos, solo, paisagens e processos ecológicos pertinentes aos ecossistemas naturais” (Juazeiro do Norte, 2017).

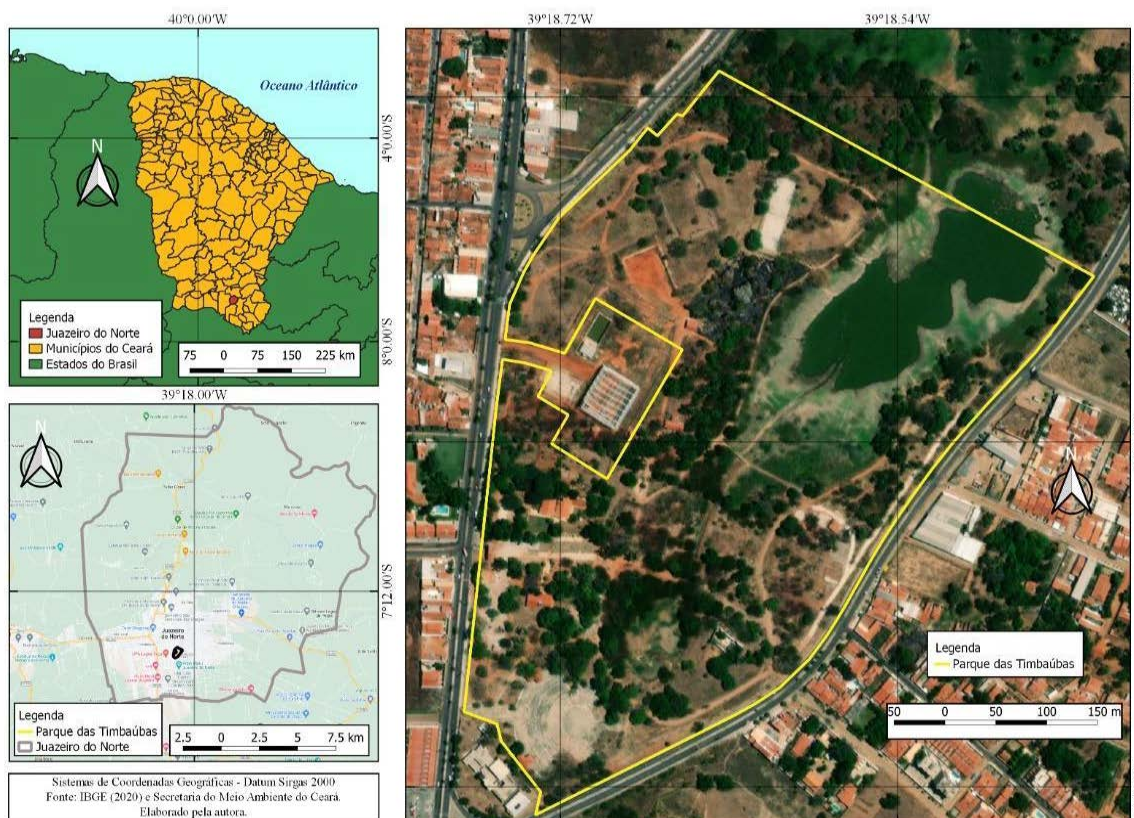


Figura 2 - Localização do Parque Natural Municipal das Timbaúbas.

No interior do Parque está situada a Lagoa dos Macacos (LAM), a qual será considerada, nesta pesquisa, como de Classe Especial, visto que está localizada em uma Unidade de Conservação. Salienta-se que apesar do Artigo 42 da Resolução nº 357/2005 do CONAMA estabelecer que enquanto não forem aprovados os enquadramentos dos corpos de água superficiais, estes devem ser considerados como de Classe 2, em seu Artigo 4, bem como na Resolução nº 91/2008 do CNRH, é mandatório, em UC de Proteção Integral, a necessidade de preservação de ambientes aquáticos, devendo estes, portanto, serem inseridos na Classe Especial.

A LAM é dividida em duas zonas (áreas sul e norte) que são interligadas por um canal de drenagem natural (trecho do Riacho dos Macacos) (Figura 3).

Amostragem e métodos de análise físico-química da água

As amostras para análise de água foram coletadas quinzenalmente, no período de novembro de 2021 a março de 2022, em oito pontos distintos (Figura 4), com o objetivo de conhecer as características físico-químicas da lagoa, sendo realizadas as análises de condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido, DBO₅, DQO, sólidos totais, sólidos suspensos, sólidos sedimentáveis, sólidos dissolvidos e temperatura. Os dados obtidos da determinação dos parâmetros pH, oxigênio dissolvido e DBO₅ também foram utilizados para avaliação da condição da qualidade da água considerando o estabelecido pela Resolução do CONAMA nº 357/2005 para corpos de água de Classe 1, por esta classe ser a de uso mais restritivo após a Classe Especial.

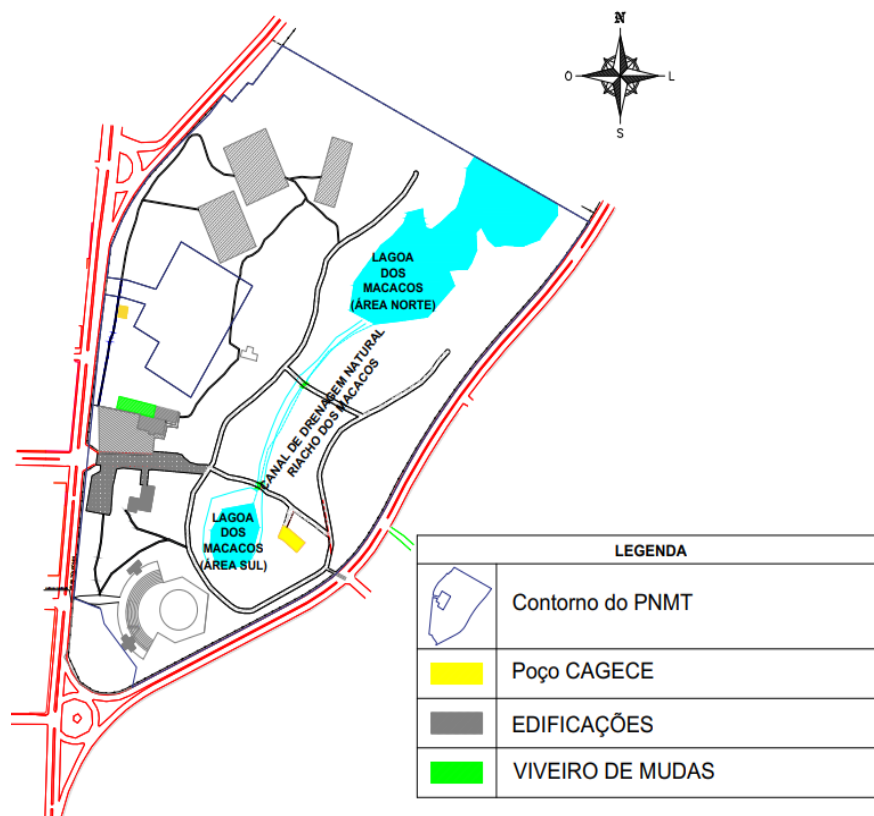


Figura 3 - Desenho esquemático do PMNT, localizado em Juazeiro do Norte – Ce, ilustrando a divisão da LAM nas áreas sul e norte e o canal de drenagem natural que interliga as duas áreas da lagoa.

No período de estiagem, o volume da lagoa é reduzido substancialmente, sendo a mesma perenizada pelo aporte de esgotos sanitários oriundos dos bairros circunvizinhos ao Parque. Estes esgotos adentram a LAM por meio das

redes de drenagem de águas pluviais, o que indica a existência de ligações clandestinas de esgoto no referido sistema de drenagem. Além disso, os maiores fluxos/descargas de esgotos ocorrem na área sul da lagoa (Figuras 4 e 5).



Figura 4 - Localização dos pontos de amostragem. Legenda: P: pontos de amostragem; A: Área sul da lagoa; B: Área norte da lagoa.



Figura 5 - Lançamento de águas cinzas por meio da galeria pluvial na Lagoa dos Macacos.

A escolha da localização dos pontos de coleta se baseou na necessidade de se entender a dinâmica do corpo hídrico diante do uso e ocupação do solo no seu entorno.

Para isto, foram demarcados 3 pontos de coleta (P1, P2 e P3) na área sul e 5 (P4, P5, P6, P7, P8) na área norte da LAM, conforme apresentado na figura 4.

Após cada coleta, as amostras foram acondicionadas e encaminhadas ao laboratório de Saneamento da Universidade Federal do Cariri (UFCA) para proceder análises físico-químicas, seguindo

as metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012). As análises estatísticas foram determinadas com o auxílio dos programas *R Studio* e *Excel 2019* para tratamento de dados da estatística descritiva e elaboração dos gráficos.

Para verificar se existiam diferenças significativas dos valores de um determinado parâmetro pesquisado obtidos entre os diferentes pontos de coleta, foi utilizado o teste estatístico não paramétrico de Kruskal-Wallis, com nível de significância p -valor $< 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As concentrações de DBO_5 variaram entre 7,84 mgO_2/L (P2) e 240,49 mgO_2/L (P1) com média de 51,27 mgO_2/L , desvio padrão de 51,82 e coeficiente de variância de 101,08%.

Ao se aplicar o teste de Kruskal-Wallis aos dados de DBO_5 foram identificadas diferenças significativas, para p -valor $< 0,05$, entre as concentrações dos pontos P1/P4 (p -valor = 0,0163); P1/P5 (p -valor = 0,025); P1/P6 (p -valor = 0,025) e P1/P7 (p -valor = 0,025). Estes resultados estão associados ao fato de P1 ser o único ponto que recebia um aporte direto, e diário, de águas cinzas da galeria de drenagem pluvial.

Oliveira (2014) e Macêdo (2019), ao estudarem a qualidade da água da LAM, obtiveram concentrações de DBO_5 na faixa das concentrações obtidas nesta pesquisa. Esta constatação atesta que a LAM, tem ao longo dos anos, recebido constantemente poluentes provenientes do lançamento de águas cinzas.

A presença de matéria orgânica, inorgânica e nutrientes excedentes no meio aquático é um indicativo de alteração da qualidade da água (Oliveira et al., 2017). Quando os níveis de matéria orgânica são de origem natural associase ao processo de eutrofização e, quando não natural, está comumente vinculado ao lançamento de esgoto residencial na lagoa (Silva et al., 2017b).

A DQO apresentou valor mínimo de 14,81 mgO_2/L e máximo de 352,94 mgO_2/L , nos pontos P7 e P1, respectivamente, com média de 88,52 mgO_2/L , desvio padrão de 75,14 e coeficiente de variância de 84,88%.

Os maiores valores de DQO encontrados no ponto P1 estão associados ao fato deste ponto distar poucos metros a jusante do ponto de lançamento de águas cinzas provenientes de uma galeria de águas pluviais localizada na área sul da Lagoa dos Macacos (Figura 5).

Oliveira (2014) obteve, também na LAM, valores médios de DQO que variaram de 656,8 a 558,5 mgO₂/L, no período de outubro/2013 a janeiro/2014, os quais são expressivamente maiores do que o valor médio obtido nesta pesquisa.

Esta redução nos valores das concentrações de DQO, ocorrida entre os anos 2014 e 2022, pode estar associada ao aumento da concentração de poluentes no corpo aquático pesquisado, em decorrência do período de seca prolongada que ocorreu no período de 2012 a 2016 (Funceme, 2016). Também pode ser atribuída a possibilidade de diminuição do número de ligações de esgotos residenciais à rede de drenagem pluvial ocorrida a partir do ano 2019, período no qual ocorreu uma ação de fiscalização pelo órgão gestor competente para coibir tal prática.

Ressalta-se que a DQO é um importante parâmetro para estudos da qualidade da água, uma vez que é um indicador de matéria orgânica baseado na concentração de oxigênio consumido para oxidar a matéria orgânica, biodegradável ou

não, em meio ácido e condições energéticas por ação de um agente químico oxidante forte (Thebaldi et al., 2011). Nesse contexto, quanto mais o valor da DBO₅ se aproxima da DQO, mais biodegradável será a matéria orgânica presente (Metcalf et al., 1991).

Nesta pesquisa, de maneira geral, os percentuais de DBO₅ em relação a DQO [(DBO₅/DQO)*100] (Tabela 1), indicaram a predominância de matéria orgânica biodegradável nas amostras de água analisadas, uma vez que 67% das concentrações de DBO₅ corresponderam a mais de 50% dos valores de DQO. Os 33% restantes correspondem, portanto, a matéria orgânica não biodegradável (substâncias húmicas -SH).

As SH correspondem ao somatório das frações fúlvica (AF), húmica (AH) e húmica (HU), sendo representadas, de forma simplificada pela seguinte expressão: SH = AF + AH + HU. Elas são formadas pela transformação de biomoléculas, durante o processo de decomposição de resíduos vegetais e animais presentes no ambiente (Sargentini Junior et al., 2001).

Tabela 1 - Relação DBO/DQO obtidas nos pontos de amostragem.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
DBO/DQO (%)	69,09*	53,68*	68,49*	81,14*	71,83*	71,53*	80,84*	88,37*
	25,28	28,41	38,23	67,65*	78,91*	51,33*	68,45*	48,42
	82,33*	35,27	54,23*	73,60*	90,10*	61,89*	78,33*	50,35*
	78,45*	55,84*	19,25	79,69*	69,63*	68,90*	36,17	62,98*
	66,67*	48,53	43,53	38,80	47,01	39,10	25,68	32,77
	63,41*	44,65	76,01*	39,56	52,16*	80,71*	81,96*	77,71*

*Relações em que os valores de DBO₅ corresponderam a mais de 50% dos valores de DQO.

De acordo com o modelo cinético da perda de massa das SH em ambientes aquáticos, considera-se que sejam possíveis as transformações de AF em AH e vice-versa. Em comum, inicialmente, o composto húmico (AF ou AH) possui duas frações: uma fração reativa (SHr) que pode ser mineralizada nos dias iniciais da incubação ou pode ser transformada em seu produto (SHp: AF → AH ou AH → AF) e a fração recalcitrante, (SHR) que é resistente à transformação e apresenta mineralização lenta (Assunção, 2015).

Oteng-Pepurah et al. (2018) mencionam que águas cinzas podem conter altas concentrações de matéria orgânica que é facilmente biodegradável, mas também de produtos farmacêuticos, aerossóis, pigmentos e metais pesados em con-

centrações significativas. Para estes autores, a presença desses contaminantes nas águas cinzas é um indicativo do aumento gradual do nível de complexidade na composição das águas cinzas.

Ressalta-se que a biodegradabilidade da água cinza depende principalmente do tipo de tensoativo sintético usado em detergentes e da quantidade de óleo e graxas presentes (Morel & Diener, 2006). Apesar dos países do ocidente terem substituído, a partir do ano 1965, os surfactantes não biodegradáveis (ABS – Alquil-Benzeno-Sulfonato) por detergentes biodegradáveis (LAS – Linear-Alquil-Sulfonato) (Metcalf et al., 1991), esses produtos resistentes a biodegradabilidade ainda pode ser usada em países de média e baixa renda (Morel & Diener, 2006). No Brasil, devido

à determinação legislativa (LEI Nº 7.365, DE 13 DE SETEMBRO DE 1985. Art.1º), a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) passou a exigir que todos os detergentes comercializados no país contenham tensoativo biodegradável (UNIVASF, 2019). Porém, ainda de acordo com Morel & Diener (2006), além de surfactantes, os detergentes contêm construtores, alvejantes, enzimas, conservantes, solventes, cargas, dentre outros.

Ao se aplicar o teste de Kruskal-Wallis aos dados de DQO, foram identificadas diferenças significativas, para p -valor $< 0,05$, entre as

concentrações dos pontos P1/P4 (p -valor = 0,0097); P1/P5 (p -valor = 0,0024); P1/P6 (p -valor = 0,0081); P1/P7 (p -valor = 0,0061) e P3/P5 (p -valor = 0,0296). Estes resultados decorrem do ponto P1 receber, diariamente, vazões expressivas de águas cinzas (Figura 6A), conforme comentado na discussão sobre a DBO₅. E apesar deste ponto de coleta estar conectado com os demais, por meio de um canal (trecho do Riacho dos Macacos, figuras 6C e 6D), a matéria orgânica afluyente pode estar sendo mineralizada e/ou retida no sedimento de leito de fundo da área sul da LAM (Figura 6B).



Figura 6 - Sentido de fluxo da Lagoa dos Macacos. Legenda: A: Ponto de lançamento de águas cinzas; B: Lagoa dos Macacos área sul; C e D: trecho do Riacho dos Macacos; E: Lagoa dos Macacos área norte.

Em relação ao parâmetro OD, foi constatado que a maior concentração foi obtida no ponto P7 (5,85 mgO₂/L) e a menor no ponto P2 (0,23 mgO₂/L), com média de 2,70 mgO₂/L, desvio padrão de 1,53 e coeficiente de variância de 56,67%.

Aplicando o teste de Kruskal-Wallis aos dados das concentrações de OD, foram identificadas diferenças significativas entre os pontos P1/P4 (p-valor = 0,0288); P1/P6 (p-valor = 0,0141); P1/P7 (p-valor = 0,0198); P2/P4 (p-valor = 0,0055); P2/P5 (p-valor = 0,0312); P2/P6 (p-valor = 0,0024); P2/P7 (p-valor = 0,0035); P3/P4 (p-valor = 0,0168); P3/P6 (p-valor = 0,0078); P3/P7 (p-valor = 0,0112). Essas diferenças são resultantes do aporte diário de águas cinzas lançadas na área sul da lagoa, local dos pontos de coleta P1, P2 e P3, indicando o elevado consumo de OD pelos organismos decompositores da MO presente no meio. A jusante destes pontos, a água escoava por trechos que favorecem a reaeração atmosférica (Figuras 6C e 6D), o que justifica o aumento das concentrações de OD nos pontos P4, P5, P6, P7 e P8, já que estes não estavam recebendo contribuição direta de esgotos.

Em todos os pontos investigados foi observado um pequeno aumento na concentração de OD, ao longo das coletas realizadas, entre os meses de novembro de 2021 a março de 2022, devido à chegada do período chuvoso. Com isso, observou-se uma redução na concentração de sólidos suspensos na água.

O mesmo foi observado por Pereira-Silva et al. (2011) em uma Microbacia Hidrográfica, localizada em Luiz Antônio - SP. Os autores constataram que durante o período de estiagem a concentração de OD diminuiu enquanto a de sólidos suspensos aumentou; do contrário, no período chuvoso, o OD aumentou e os sólidos suspensos diminuíram. Os autores explicam que a presença de sólidos em suspensão na água reduz a penetração de luz, resultando na diminuição de organismos produtores e consequentemente reduzindo a concentração de oxigênio na água.

Okumura et al. (2020) encontraram baixas concentrações de OD na Bacia do Rio dos Frades-BA, em razão do uso e ocupação do solo sem o devido acompanhamento da infraestrutura básica.

É importante destacar que a redução nos níveis de OD resulta na mortandade de diversos organismos aquáticos aeróbicos, inclusive peixes,

na solubilização de compostos químicos indesejáveis, no aumento na toxicidade de vários elementos e no desenvolvimento de maus odores (BRASIL, 2006).

Em todos os pontos investigados foi observado um pequeno aumento na concentração de OD, ao longo das coletas realizadas, entre os meses de novembro de 2021 a março de 2022, devido à chegada do período chuvoso. Com isso, observou-se uma redução na concentração de sólidos suspensos na água. O mesmo foi observado por Pereira-Silva et al. (2011) em uma Microbacia Hidrográfica, localizada em Luiz Antônio-SP. Os autores constataram que durante o período de estiagem a concentração de OD diminuiu enquanto a de sólidos suspensos aumentou; do contrário, no período chuvoso, o OD aumentou e os sólidos suspensos diminuíram. Os autores explicam que a presença de sólidos em suspensão na água reduz a penetração de luz, resultando na diminuição de organismos produtores e consequentemente reduzindo a concentração de oxigênio na água.

No que se refere aos sólidos totais (ST), suas concentrações variaram de 69 mg/L (P5) a 929 mg/L (P1), com mediana de 330,42 mg/L, desvio padrão de 198,13 e coeficiente de variância de 59,96%. As maiores concentrações estão associadas ao aporte destes sólidos por meio do lançamento das águas cinzas em P1, bem como ao transporte de sólidos pelo escoamento superficial, principalmente de áreas com solo exposto e/ou em processo de erosão (P1, P2, P3, P5 e P8), para o interior do corpo d'água investigado, no período chuvoso. Nas áreas do entorno dos pontos P4, P6 e P7 havia mais cobertura de vegetação rasteira, fato este que pode contribuir para a proteção do solo contra a erosão hídrica e consequente redução do transporte de sedimentos.

Silva et al. (2019) também identificaram que o aumento das concentrações de sólidos totais, na Sub-bacia Hidrográfica Cabosol, Guarulhos – SP, ocorreu no período chuvoso devido ao aumento do escoamento superficial provocado pelas chuvas.

De acordo com a literatura especializada (Morgan, 2007; De Baets et al., 2008), a cobertura vegetal atenua a erosão do solo, principalmente através da redução das forças de impacto da gota no solo diminuindo a velocidade do escoamento superficial, aumentando a rugosidade hidráulica e as taxas de infiltração de água no solo, aumentando assim sua resistência à erosão (Martins, 2016).

A partir do teste de Kruskal-Wallis foi possível observar diferenças significativas nas concentrações de ST entre os pontos P1/P4 (p-valor = 0,0009); P1/P6 (p-valor = 0,0001); P1/P7 (p-valor = 0,0018); P2/P6 (p-valor = 0,0221); P3/P6 (p-valor = 0,0215); P4/P5 (p-valor = 0,0193); P5/P6 (p-valor = 0,0050); P5/P7 (p-valor = 0,0337) e P6/P8 (p-valor = 0,0187).

Macêdo (2019) obteve concentração média de ST igual a 140 mg/L e valores mínimo e máximo de 83 mg/L e 290 mg/L, respectivamente, também na LAM.

Segundo Bovolato (2010), o esgoto sanitário é composto de 99,9% de água e 0,1% de sólidos, dos quais 75% desses sólidos são constituídos de MO em estado de decomposição. Esses sólidos podem reter organismos patogênicos e poluentes tóxicos (que ficam aderidos na superfície dos sólidos suspensos) (BRASIL, 2006) trazendo sérios riscos à vida aquática como a extinção de organismos fornecedores de alimentos e danificando os leitos de desova de peixes (Silveira et al., 2021).

Ao se determinar as concentrações das frações dos sólidos, constatou-se que os Sólidos Dissolvidos (SD) variaram de 57 mg/L (P6) a 733 mg/L (P1), com média de 244,71 mg/L, desvio padrão de 169,73 e coeficiente de variância de 69,36%. De maneira geral, as maiores concentrações de SD foram obtidas nos pontos localizados em áreas mais próximas ao ponto de deságue das águas cinzas pela galeria de água pluvial, na área sul da LAM (P1, P2 e P3). Do teste de Kruskal-Wallis foi verificado que ocorreram diferenças significativas entre as medianas dos pontos P1/P4 (p-valor = 0,0122); P1/P5 (p-valor = 0,0081); P1/P8 (p-valor = 0,0209); P2/P4 (p-valor = 0,0081); P2/P5 (p-valor = 0,0052); P2/P8 (p-valor = 0,0141); P3/P4 (p-valor = 0,0063); P3/P5 (p-valor = 0,0040) e P3/P8 (p-valor = 0,0112).

No monitoramento da qualidade da água das Lagoas Grande e Salgada, no Município de Feira de Santana-BA, Riley et al. (2022) obtiveram altas concentrações de SD em um ponto de amostragem localizado próximo as ocupações irregulares instaladas no seu entorno e a escavações para extração de argila e acúmulo de resíduos e entulhos.

Outra importante fração de sólidos no contexto da avaliação da qualidade de águas são os sólidos suspensos, uma vez que em concentrações elevadas aumentam a turbidez, prejudicando a atividade fotossintética e a biodiver-

sidade aquática (Nascimento et al., 2016; Alves et al., 2019). Além disso, por possuírem elevadas superfícies de contato, possuem elevada capacidade de adsorver elementos traços, isto é, substâncias poluentes podem agregar-se facilmente a esta fração de sólidos (Basso et al., 2011).

Nesta pesquisa, as concentrações de sólidos suspensos (SS) variaram de 4,00 mg/L (P4) a 115,50 mg/L (P1), com média de 28,59 mg/L, desvio padrão de 23,62 e coeficiente de variância de 82,62%. Ressalta-se que as maiores concentrações foram observadas nas amostras coletadas nos dias seguintes aos dias de chuvas intensas no município, sendo verificadas diferenças significativas, pelo teste de Kruskal-Wallis, entre os pontos P1/P4 (p-valor = 0,0049); P1/P5 (p-valor = 0,0007); P1/P6 (p-valor = 0,0109); P1/P7 (p-valor = 0,0081); P1/P8 (p-valor = 0,0083); P2/P5 (p-valor = 0,0177); P3/P4 (p-valor = 0,0209); P3/P5 (p-valor = 0,0038) e P3/P6 (p-valor = 0,0412); P3/P7 (p-valor = 0,0320) e P3/P8 (p-valor = 0,0328).

Nascimento et al. (2016) encontraram concentrações de sólidos suspensos abaixo de 100 mg/L no manancial Mãe Isabel, no Município de São Luís-MA. Arroio Junior (2013) identificou que as concentrações de SS, encontradas nos afluentes do Reservatório do Lobo, foram maiores no período chuvoso se comparadas ao período seco. O autor afirma que na estação chuvosa há um maior carreamento de material alóctone para a bacia. Contudo, na estação seca, o nível de água é diminuído, tornando a água mais limpa por receber pouco material alóctone vindo da bacia de drenagem.

Em relação aos Sólidos Sedimentáveis (SSed), os valores mínimo e máximo foram 0 mg/L e 4,50 mg/L, com média de 0,18 mg/L, desvio padrão de 0,67 e coeficiente de variância de 365,44%. Em se tratando da análise de variância, não foram detectadas diferenças significativas entre os pontos de coleta, pelo teste de Kruskal-Wallis, para as concentrações de SSed (p-valor = 0,1936).

Bispo (2015) menciona que os resíduos que sedimentam em leitos de fundo, em geral, são argilas, terra e lodo. Assim, o maior valor foi obtido no ponto P1, na coleta do dia 26/01/2022, identificada como sendo lodo de esgoto, proveniente do esgoto (águas cinzas) lançado na lagoa. Nos demais pontos coletados foram encontrados baixos níveis de sólidos sedimentáveis, corroborando com o encontrado por Macêdo (2019) na

mesma lagoa em estudo.

Em relação a Condutividade Elétrica (CE), foi obtido o valor mínimo de 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (P5 e P7) e o máximo de 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (P1), com média de 296,25 $\mu\text{S}/\text{cm}$, desvio padrão de 174,01 e coeficiente de variância de 58,74%.

Também foram obtidas diferenças significativas entre as medianas dos valores de CE, por meio do teste de Kruskal-Wallis, com p-valor < 0,05, entre os pontos P1/P4 (p-valor = 0,0177); P1/P5 (p-valor = 0,0074); P1/P6 (p-valor = 0,0337); P1/P7 (p-valor = 0,0081); P2/P4 (p-valor = 0,0260); P2/P5 (p-valor = 0,0112); P2/P6 (p-valor = 0,0478); P2/P7 (p-valor = 0,0122); P3/P4 (p-valor = 0,0168); P3/P5 (p-valor = 0,0069); P3/P6 (p-valor = 0,0320) e P3/P7 (p-valor = 0,0076).

As diferenças significativas entre os dados de CE ao longo dos pontos de coleta são decorrentes do lançamento de esgotos na área sul da lagoa, uma vez que a presença de esgotos aumenta as concentrações de CE da água.

A CE pode variar de 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em águas naturais e níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ é indicativo de que o ecossistema aquático foi poluído por efluentes domésticos ou industriais (Brasil, 2014). Nesse sentido, em todos os pontos analisados foram observados resultados superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando que no corpo hídrico há lançamento de efluentes de origem doméstica e/ou industrial.

Arroio Junior (2013) verificou maiores valores de CE nas nascentes dos rios Itaqueri e Lobo, sendo de 87 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 79 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente. O autor afirma que apesar desses resultados não ultrapassarem 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, estima-se que os maiores valores podem estar relacionados às atividades pecuárias desenvolvidas na parte alta da bacia. Já os resultados encontrados no córrego Água Branca podem sofrer influência da ETE de Itirapina.

Alves et al. (2019) verificaram oscilações de 24,13 a 25,61 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na CE do Lago Bonsucesso, em Jataí-GO. Os autores afirmam que a presença da vegetação pode influenciar na CE, no qual unidades hidrográficas com alta exploração de solo possuem altas temperaturas e maiores valores de CE, sendo o aumento deste parâmetro resultante do escoamento superficial. Piratoba et al. (2017) identificaram variações nos teores de CE de 45,08 a 68,08 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no período seco para 35,77 a 43,22 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no período chuvoso. Os autores constataram que a sazonalidade e a loca-

lização dos pontos podem afetar nos teores da condutividade elétrica.

Além disso, conforme apresentado por Arroio Junior (2013), a CE será menor no período chuvoso devido a diminuição dos sais dissolvidos nas águas ocasionado pelo aumento do volume do corpo hídrico. Durante o período seco com os níveis de água diminuído, a concentração de sais dissolvidos será mais elevada.

No entanto, independente da sazonalidade, o lançamento de efluentes industriais pode elevar as concentrações dos sais dissolvidos aumentando assim os valores da CE (Esteves, 2011). Diante disso, os maiores valores da CE nos pontos analisados foram registrados na primeira coleta, com destaque ao ponto P1 que apresentou maior CE (800 $\mu\text{S}/\text{cm}$). À medida que aconteciam as coletas, devido ao aumento das chuvas, os níveis de CE diminuíram, porém ainda com valores superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Com relação ao pH, as amostras variaram entre 6,38 (P8) e 7,26 (P1), com média de 6,88, desvio padrão de 0,22 e coeficiente de variância de 3,18%. Tais resultados estão de acordo com os encontrados por Macêdo (2019) e Bispo (2015), na Lagoa dos Macacos.

O teste de Kruskal-Wallis indicou diferenças significativas entre as medianas do pH, entre os pontos P1/P4 (p-valor = 0,0158); P1/P5 (p-valor = 0,0088); P1/P6 (p-valor = 0,0204); P1/P8 (p-valor = 0,0019); P2/P4 (p-valor = 0,0373); P2/P5 (p-valor = 0,0221); P2/P6 (p-valor = 0,0466); P2/P8 (p-valor = 0,0055); P3/P4 (p-valor = 0,0489); P3/P5 (p-valor = 0,0296) e P3/P8 (p-valor = 0,0078).

As diferenças significativas obtidas entre as medianas dos valores de pH da área sul da lagoa em relação aos valores obtidos na área norte podem ser explicadas pelo fato de águas cinzas tenderem a possuir pH alcalinos devido ao sabão utilizado pela população, que possui pH básico.

Eriksson et al. (2002), em trabalhos com caracterização de águas de máquina de lavar e tanques de lavagem de roupas, encontraram pH alcalino nas amostras depois da lavagem. Os mesmos afirmam que o pH na água cinza depende do pH da água de abastecimento. De acordo com Ferreira (2013), ao final do experimento também realizado em lavanderia, verificou que o pH das águas cinzas variou de 7,05 a 7,36.

Vanzela et al. (2010) verificaram uma redução nos valores de pH de águas naturais, provocadas pelas áreas agricultadas e por matas degradadas

em função do maior escoamento superficial e o do maior arraste de partículas de sólidos, onde a matéria orgânica promove o aumento da concentração no leito do manancial; logo, “com a oxidação da matéria orgânica pelos microrganismos aeróbicos e liberação de gás carbônico em água, ocorre aumento na concentração de ácido carbônico, resultando em redução nos valores de pH da água”.

A temperatura das amostras variou entre 25,3 °C (P2) e 30,9 °C (P6), com média de 27,09 °C, desvio padrão de 1,49 e coeficiente de variância de 5,49%. As temperaturas mais elevadas ocorreram na primeira coleta, nos pontos da área norte da lagoa, e são atribuídas a maior temperatura local (início do período chuvoso) e ausência de vegetação de médio e grande porte às margens da lagoa. Com o decorrer das coletas, ocorreu uma pequena diminuição da temperatura da água devido a diminuição da temperatura do ar. Contudo, não foram observadas diferenças significativas (p -valor < 0,05) entre os pontos estudados (p -valor = 0,9893).

Conforme Piratoba et al. (2017), fatores como

a localização e a sazonalidade podem influenciar significativamente nos valores da temperatura. Os autores observaram variações de 1 °C entre os períodos de coleta, sendo maior no período menos chuvoso.

Menezes et al. (2016) identificaram uma forte influência da temperatura ambiente na temperatura da água durante o verão, no entanto, no inverno os afluentes do Ribeirão Vermelho interferiram mais na temperatura da água do que a do ambiente. Os autores constataram ainda que os locais que recebem despejos orgânicos, resultante de efluentes domésticos e/ou industriais, apresentaram tendência à elevação da temperatura.

Atendimento às Condições de Qualidade e aos Padrões do Conama

Para avaliar o atendimento dos parâmetros DBO₅, OD, pH e SD ao estabelecido na Resolução nº 357/05 do CONAMA, para corpos de água de Classe 1, bem como para melhor visualização do comportamento dos dados dos referidos parâmetros ao longo dos pontos de coleta, foram elaborados os *boxplot* das figuras 7 a 10.

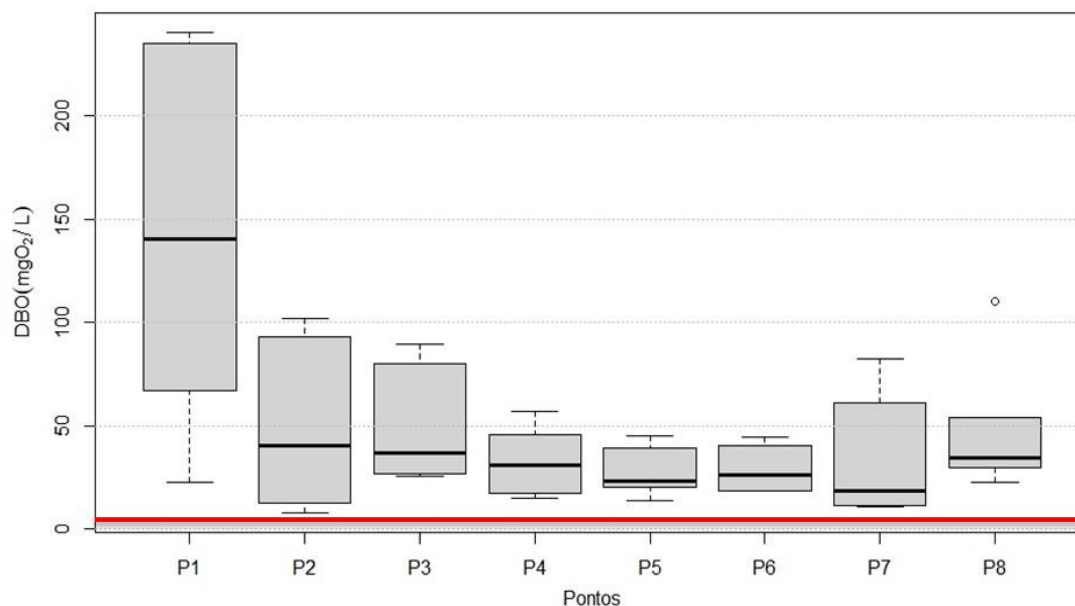


Figura 7. *Boxplot* dos dados referentes a variável DBO₅. Legenda: Linha em vermelho indica o limite estabelecido pela Resolução 357/2005 do CONAMA, para corpos de água de classe 1, DBO₅ até 3 mgO₂/L.

Da análise das figuras 7 a 10 verifica-se que apenas os valores de pH, de todos os pontos de amostragem, estão dentro dos limites estabelecidos pela resolução acima citada. Em relação aos SD, o atendimento a referida resolução ocorreu em relação aos dados dos pontos P4, P5, P6 e P8. Já os valores de DBO₅ e de OD, obtidos em todos os pontos de coleta, estão em desacordo com o estabelecido na supra resolução. Este resultado ressalta a necessidade de implantação de medidas

eficazes de controle da poluição da Lagoa dos Macacos, por meio da aplicação de políticas de uso e ocupação do solo e de saneamento.

Assim, diante do exposto, infere-se que o objetivo I do Decreto de Nº 352 de 2017 está alinhado ao estabelecido na Resolução CONAMA que trata do enquadramento de corpos d’água superficiais. Esta resolução estabelece que a preservação do equilíbrio aquático das comunidades aquáticas deve ser mandatória em UC de

Proteção Integral. E que, em corpos d'água de Classe Especial deverá ser mantidas as condições

naturais do corpo de água não sendo admitido o lançamento de efluentes, ainda que tratados.

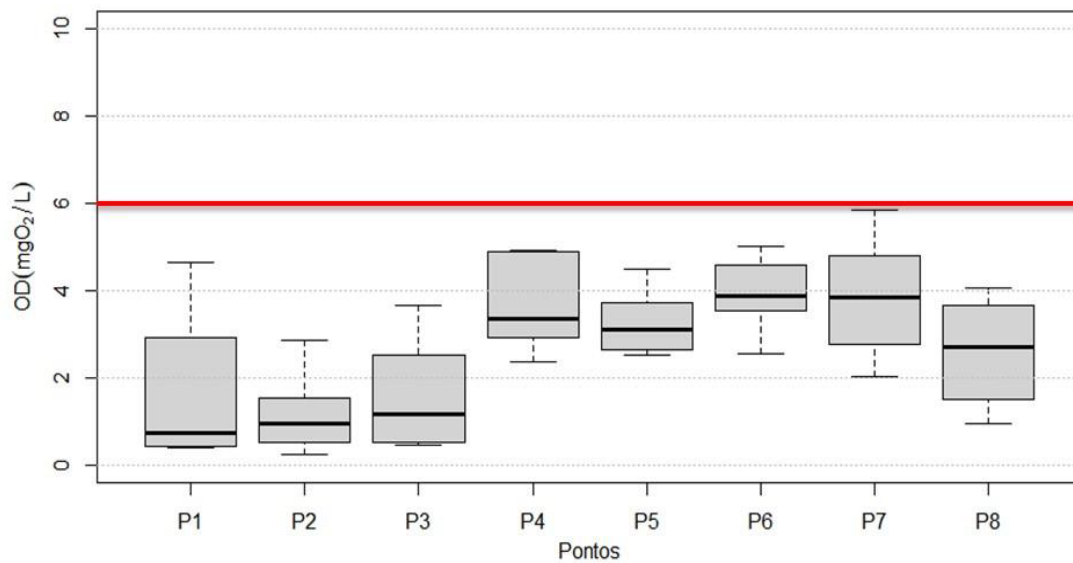


Figura 8 - Boxplot dos dados referentes a variável OD. Legenda: Linha em vermelho indica o limite estabelecido pela Resolução 357/2005 do CONAMA, para copors de água de classe 1, OD não inferior a 6 mgO₂/L.

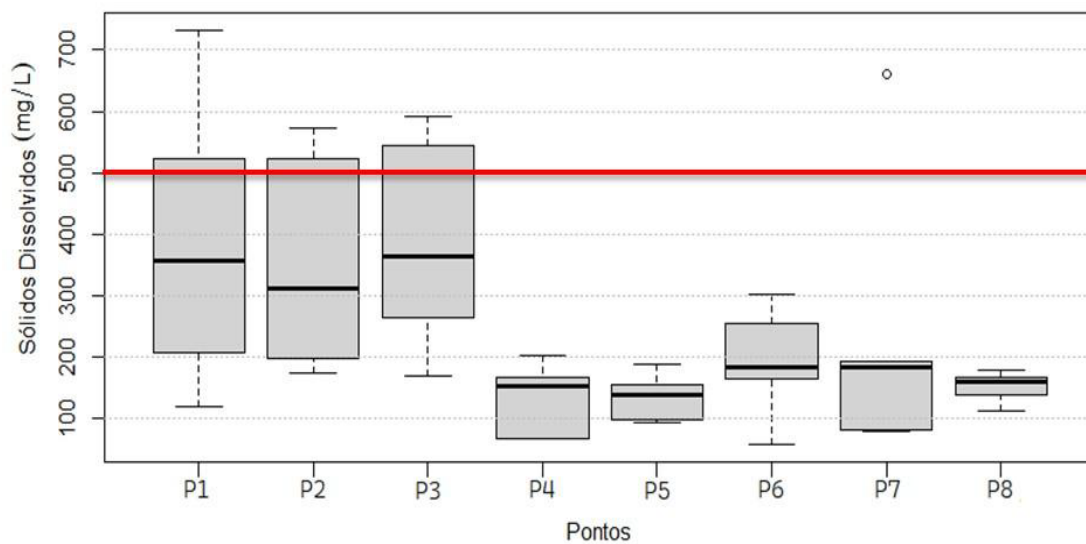


Figura 9 - Boxplot dos dados referentes a variável Sólidos Dissolvidos. Legenda: Linha em vermelho indica o limite estabelecido pela Resolução 357/2005 do CONAMA para corpos de água de classe 1, SD até 500 mg/L.

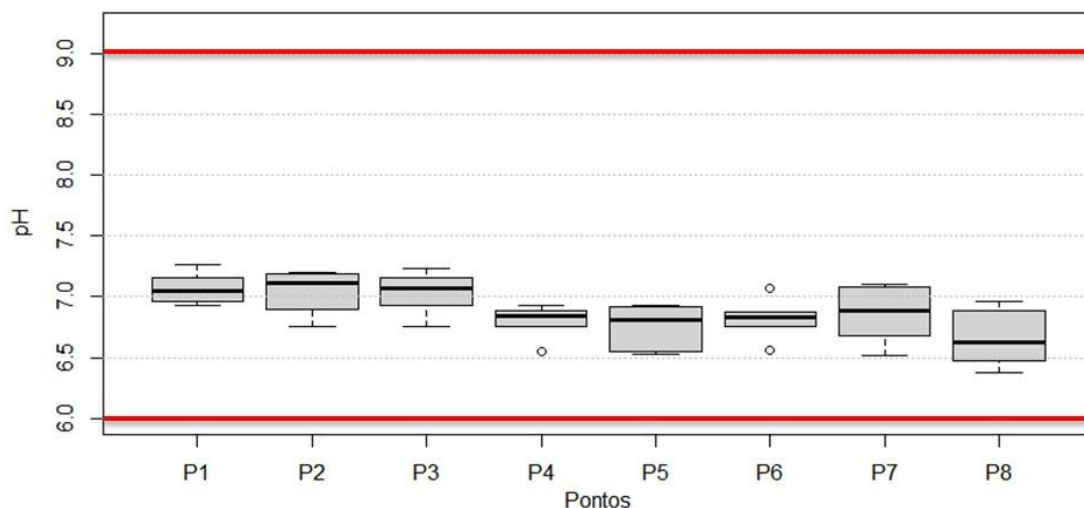


Figura 10 - Boxplot dos dados referentes a variável pH. Legenda: Linha em vermelho indica o limite estabelecido pela Resolução 357/2005 do CONAMA para corpos de água de classe 1, pH de 6 a 9.

O riacho e a lagoa dos Macacos constituem os elos principais na conexão entre a água superficial e a água subterrânea e necessitam de elevada atenção e proteção. Na atualidade, eles são as principais entradas de contaminação química e bacteriológica das águas subterrâneas, funcionando como fontes persistentes e contínuas de poluição das águas exploradas para consumo humano. Portanto, devem ser tomadas precauções para evitar o despejo de esgoto e lixo na área. O perigo que a bateria de poços e o aquífero do rio da Batateira correm no caso de

contaminação do riacho dos Macacos por matéria tóxica persistente, é elevado (Franca et al., 2006).

Ressalta-se que no entorno do Parque Natural Municipal das Timbaúbas existe uma importante bateria de poços de abastecimento público da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE).

Santos (2022), ao realizar um diagnóstico da área do entorno do PNMT, para fins de demarcação da sua Zona de Amortecimento, identificou que existe um poço de abastecimento público da CAGECE muito próximo a LAM (distância estimada em menos de 10m) (Figuras 11 e 12).

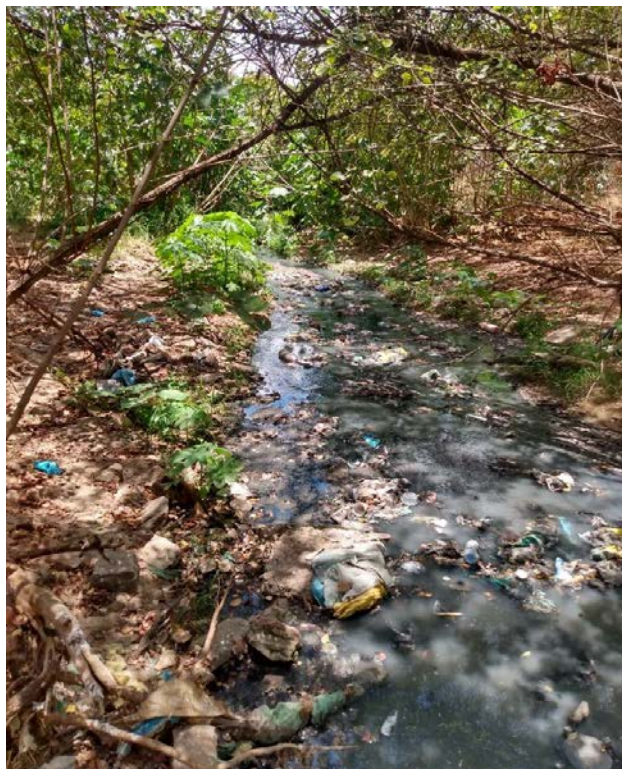


Figura 11 - Córrego poluído no interior do PNMT.



Figura 12 - Posto de abastecimento de água da CAGECE, próximo a lagoa poluída no interior do PNMT.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos da caracterização físico-química da água da lagoa, foi verificada semelhança com águas naturais poluídas por esgotos sanitários. As condições de qualidade das águas da lagoa pesquisada, notadamente em relação aos parâmetros DBO₅, OD, SD e pH, não atendem ao estabelecido pela Resolução nº 357 do CONAMA, para seu uso mais restritivo que é o de preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

As elevadas concentrações de matéria orgânica e partículas sólidas revelam que a Lagoa dos Macacos tem atuado como corpo receptor de efluentes domésticos e/ou industriais indicando a presença de ligações clandestinas de esgotos nas redes de drenagem pluviais, alterando a sua qualidade e trazendo risco de contaminação ao aquífero local através da infiltração.

Desta forma, apesar da relevância socioam-

biental que o PNMT tem para o município de Juazeiro do Norte, e tendo em vista que o mesmo abriga uma das principais áreas de recargas de águas subterrânea, a Lagoa dos Macacos, é notório que a área não recebe a devida atenção e cuidado por parte dos órgãos responsáveis, já que a problemática do lançamento de efluentes e resíduos é uma prática que já acontece há anos, como mostram outros estudos, e que vem comprometendo a qualidade de água da lagoa, e desvalorizando uma das poucas áreas de lazer que a população dispõe.

Por fim, pondera-se que a metodologia utilizada neste estudo poderá ser aplicada para a caracterização adequada de poluição e contaminação de outros ambientes lênticos semelhantes em diversas regiões do mundo, contribuindo para o monitoramento sobre as condições reais da qualidade das águas.

REFERÊNCIAS

- ALVES, W.S.; MORAIS, W.A.; OLIVEIRA, L.D.; PEREIRA, M.A.B.; MARTINS, A.P.; VASCONCELOS, S.M.A.; RAMALHO, F.L. Análise das relações entre uso do solo e qualidade da água do Lago Bonsucesso, em Jataí, Estado de Goiás, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.1 2, n. 1, p. 326-342, 2019.
- APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 22nd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC. 2012.
- ARROIO JUNIOR, P.P. **Avaliação da produção e transporte de sedimentos na Bacia Hidrográfica do Rio Itaqueri, Município de Itirapina e Brotas-SP**. São Carlos, 2013. 134 p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental), Universidade de São Paulo.
- ASSUNÇÃO, A.W.A. **Cinética e variação molecular de substâncias húmicas formadas da lixiviação de macrófitas aquáticas**. São Carlos, 2015. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade Federal de São Carlos.
- BASSO, L.A.; MOREIRA, L.G.R.; PIZZATO, F. A influência da concentração na concentração e carga de sólidos em cursos d'água urbanos: o caso do arroio Dilúvio, Porto Alegre-RS. *Geosul*, v. 26, n. 52, p. 145-163, 2011.
- BISPO, T.B. **Análise de qualidade de água no município de Juazeiro do Norte-CE**. Juazeiro do Norte, 2015. 97 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável), Universidade Federal do Cariri.
- BOVOLATO, L.E. Saneamento básico e saúde. **Escritas: Revista do Curso de História de Araguaína**, v. 2, 2010.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Fundação Nacional da Saúde. Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS**. FUNASA, Brasília - DF, 2014.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília, DF, 2006.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Lei Nº 7.365 de 13 de setembro de 1985**. Dispõe sobre a fabricação de detergentes não biodegradáveis. Brasília, DF, 1985.
- CAGECE. Companhia de Água e Esgoto do Ceará. **Ceará Transparente**. Controladoria e Ouvidoria Geral do Estado. Governo do Estado do Ceará. 2022. Disp. em: <https://cearartransparente.ce.gov.br/?locale=pt-BR> Acesso em: 13 jun. 2022.
- CNRH. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução Nº 91, de 5 de novembro de 2008**. Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, 2008.
- COGERH - Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará. **Cartilha Informativa Hidroambiental: Vamos Conhecer o Salgado**. 2010. Elaborado por: Claire Anne Viana de Souza, Liana Souto de Araújo, Maria das Dores Gonçalves da Costa. Governo do Estado do Ceará, Fortaleza, 2º ed. nov. 2010.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 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. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, 2005.
- DE BAETS, S.; POESEN, J.; REUBENS, B.; WEMANS, K.; DE BAERDEMAEKER, J.; MUYS, B. Tensile strength and root distribution of typical mediterranean plant species and their contribution to soil shear strength. *Plant Soil*, v. 305, p. 207-226, 2008.
- ERIKSSON, E.; AUFFARTH, K.; HENZE, M.; LEDIN, A. Characteristics of grey wastewater. *Urban Water*, v. 4, n. 1, p. 85-104, 2002.
- ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. 3ª ed., 826p. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.
- FERREIRA, A.C. **Unidade de produção agrícola irrigada com águas cinzas de lavanderia pública no semiárido Paraibano**. Campina Grande, 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Campina Grande.
- FRANCA, R.M.; FRISCHKORN, H.; SANTOS, M.R.P.; MENDONÇA, L.A.R.; BESERRA, M.C. Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte-CE. **Engenharia sanitária e ambiental**, v. 11, n. 1, p. 92-102, 2006.
- FUNCEME. **Ceará passa pela pior seca prolonga desde 1910**. Secretaria dos Recursos Hídricos, Governo do Estado do Ceará, Fortaleza - CE, 2016. Disp. em: <http://www.funceme.br/?p=1403> Acesso em: 29 set. 2022.

- GOMES, M.C.R. & FRANCA, R.M. Uso da Análise Multivariada para Subsidiar no Monitoramento da Qualidade da Água Subterrânea na Bacia Sedimentar do Araripe, Sul do Estado do Ceará. São Paulo, Unesp- *Geociências*, v. 38, n. 1, p. 195 - 205, 2019.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeção da População Brasileira para 2019**. Disp. em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/> Acesso em: 05 mar. 2021.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil. Período: 1991-2020**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília-DF, 2022. Disp. em: <https://portal.inmet.gov.br/normais> Acesso em: 23 ago. 2022.
- IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **IPECEDATA Sistema de Informações Geossocioeconômicas do Ceará**. Fortaleza, 2021. Disp. em: <http://ipecedata.ipece.ce.gov.br/ipece-data-web/module/perfil-municipal.xhtml> Acesso em: 13 mar. 2021.
- JUAZEIRO DO NORTE. Decreto Municipal nº 352 de outubro de 2017. **Dispõe sobre a criação do Parque Natural Municipal das Timbaúbas como Unidade de Conservação de Proteção Integral**. Disp. em: <https://juazeirodonorte.ce.gov.br/site/midia/9156/4616-07112017.pdf> Acesso em: 11 mar. 2021.
- JUAZEIRO DO NORTE. **Proposta de criação do Parque Natural Municipal das Timbaúbas apresentada em audiência pública**. 2017. Disp. em: <https://www.juazeirodonorte.ce.gov.br/noticia/3683-proposta-de-criacao-do-parquenaturalmunicipal-das-tim/> Acesso em: 11 mar. 2021.
- MACÊDO, C.C.A. **Diagnóstico da Erodibilidade e da Qualidade Hídrica em uma Unidade de Conservação Municipal**. Crato, 2019. 91 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável), Universidade Federal do Cariri.
- MARTINS, C.S.R. **Diferentes formas da cobertura vegetal e a erosão em entressulcos sob chuva simulada**. Recife-PE, 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal Rural de Pernambuco,
- MENEZES, J.P.C.; BITTENCOURT, R.P.; FARIAS, M.S.; BELLO, I.P.; FIA, R.; OLIVEIRA, L.F.C. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e a qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 21, n. 3, p. 519-534, 2016.
- METCALF, L.; EDDY, H.P.; TCHOBANOGLOUS, G. **Wastewater Engineering: Treatment, disposal, and reuse**. Nova York: McGraw-Hill, 1991.
- MOREL, A. & DIENER, S. Greywater Management in Low and Middle-Income Countries, Review of different treatment systems for households or neighbourhoods. *Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag)*, Dübendorf, Suíça, p. 30-31, 2006.
- MORGAN, R.P.C. Vegetative-based technologies for erosion control. In: STOKES, A.; SPANOS, I.; NORRIS, J.E.; CAMMERAAT, E. (eds) **Eco-and Ground Bio-Engineering: The Use of Vegetation to Improve Slope Stability**. Developments in Plant and Soil Sciences, v. 103, p. 265-272, 2007.
- NASCIMENTO, M.S.; SILVA, C.J.A.; REIS, N.S.S.; RABELO, A.C.P.; PEREIRA, D.R. Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água para fins de abastecimento em São Luís/MA. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 10, 2016, Porto Alegre. **Atas...**Porto Alegre: ABES-RS, 2016.
- OKUMURA, A.T.R.; SILVA, A.G.; SILVA, N.R.S.; LOPES, E.R.N.; BIFANO, R.B.A.; QUILENATO, R.V. Determinação da qualidade da água de um rio tropical sob a perspectiva do uso. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 13, n. 4, p. 1835-1850, 2020.
- OLIVEIRA, J.L. **Avaliação de Indicadores de Poluição de Solos e Águas e Suas Implicações no Sistema de Abastecimento Público de Juazeiro do Norte-Ce**. Fortaleza, 2014. 112 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Ceará.
- OLIVEIRA, E.A.; COSTA, A.A.; ALMEIDA, R.R.; SILVA, C.Y.S.; SANTOS, L.; FERREIRA, I.L.; PEREIRA, M.S.; AQUINO, G.T.; SILVA, P.B.A.; LIMA, M.R.P. Índice de Estado Trófico de uma Lagoa Urbana Localizada no Município de Juazeiro do Norte- Ce. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 57, Gramado/RS, Brasil, 2017. **Anais...**Gramado: ABQ, 2017
- OTENG-PEPRAH, M.; ACHEAMPONG, M.A.; DEVRIES, N.K. Greywater Characteristics, Treatment Systems, Reuse Strategies and User Perception—a Review. *Water Air Soil Pollut*, v. 229, n. 8, p. 1-16, 2018.
- PEREIRA-SILVA, E.F.L.; PIRES, J.S.R.; HARDT, E.; SANTOS, J.E.; FERREIRA, W.A. Avaliação da qualidade da água em microbacias hidrográficas de uma Unidade de Conservação do Nordeste do estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 9, n. 3, p. 371-381, 2011.
- PIRATOBA, A.R.A.; RIBEIRO, H.M.C.; MORALES, G.P.; GONÇALVES, W.G. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. *Ambiente e Água*, v. 12, n. 3, p. 435-456, 2017.
- RILEY, M.C.; SOUZA, A.S.; JESUS, T.B.; SANTOS, L.T.S.O. Análise da qualidade da água superficial das lagoas Grande e Salgada em Feira de Santana-BA. *Caderno Prudentino de Geografia*, n. 44, v. 1, p. 162-193, 2022.
- SÁ, B.T.C. **Proposta de diretrizes urbanísticas e ambientais em zona de proteção ambiental: uma contribuição ao planejamento ambiental urbano em Juazeiro do Norte-CE**. Crato, 2021, 120 p. Dissertação. (Mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável), Universidade Federal do Cariri.
- SANTOS, D.S. **Diagnóstico do entorno de uma unidade de proteção integral em área urbana para fins de demarcação da zona de amortecimento: um estudo de caso em Juazeiro do Norte-Ce**. Juazeiro do Norte, 2022. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal do Cariri,
- SARGENTINI JUNIOR, E.; ROCHA, J.C.; ROSA, A.H.; ZARA, L.F.; SANTOS, A. Substâncias húmicas aquáticas: fracionamento molecular e caracterização de rearranjos internos após complexação com íons metálicos. *Química Nova*, v. 24, n. 3, p. 339-344, 2001.
- SILVA, S.A.; GAMA, J.A.S.; CALLADO, N.H.; SOUZA, V.C.B. Saneamento básico e saúde pública na Bacia Hidrográfica do Riacho Reginaldo em Maceió, Alagoas. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 22, n. 4, p. 699-709, 2017a.
- SILVA, C.Y.S.; OLIVEIRA, E.A.; FRANÇA, J.C.; FERREIRA, I.L.; COSTA, A.A.P.; PEREIRA, M.S.; AQUINO, G.T.; SILVA, P.B.A.; SANTOS, L.; LIMA, M.R.P. Monitoramento dos Níveis de Nitrito e Nitrato na Lagoa dos Macacos do Parque Ecológico das Timbaúbas no Município de Juazeiro do Norte – CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 57, Gramado/RS, 2017. **Anais...**Gramado: ABQ, 2017b.
- SILVA, C.P.; VARGAS, R.R.; ARRUDA, R.O.M.; ROSSINI, E.F. Efeitos do uso e ocupação da terra na qualidade da água da sub-bacia hidrográfica Cabosol, Guarulhos/SP. *Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 10, n. 6, p. 260-273, 2019.
- SILVEIRA, A.D.S.; OKUMURA, M.L.H.S.; YAMAGUCHI, N.U. Avaliação preliminar da qualidade das águas do Ribeirão Morangueiro por descarte irregular de lodo de estação de tratamento de água. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 44, 2021.
- THEBALDI, M.S.; SANDRI, D.; FELISBERTO, A.B.; ROCHA, M.S.; NETO, S.A. Qualidade da água de um córrego sob

influência de efluente tratado de abate bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 302-309, 2011.

UNIVASF. **Como funcionam e quais as alternativas aos detergentes? 2019**. Portal Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina-PE. Disp. em: <https://portais.univasf.edu.br/sustentabilidade/noticias-sustentaveis/como-funcionam-e-quais-as-alternativas-aos-detergentes>. Acesso em: 29 set. 2022.

VANZELA, L.S.; HERNANDEZ, F.B.T.; FRANCO, R.A.M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 55-64, 2010.

Submetido em 3 de outubro de 2022

Aceito para publicação em 28 de novembro de 2023