



Avaliação da contribuição antrópica de compostos nitrogenados no Lago Água Preta, Belém-PA

Leonardo C. Torres¹; Cryssia C. Romão²; Rodrigo V. B. de Castro³; Bruna C. S. Moraes⁴; Rafael F. O. Aquino⁵; Marcelo Rollnic⁶; Sury M. Monteiro⁷.

Inserir aqui por linha os numerais em sobrescrito e os endereços, em Times New Roman em itálico, 10.

Palavras-Chave: Mananciais, poluição, corpos hídricos.

Introdução

Um manancial é uma fonte de água doce, que será utilizada para consumo humano, ou para o desenvolvimento de atividades econômicas, desde que, atenda aos requisitos estabelecidos em lei. A manutenção adequada dos mananciais de água é imprescindível para uma boa qualidade de abastecimento público.

O despejo de esgoto não tratado em rios e lagos, ainda é uma realidade que assola todo o Brasil. Em áreas urbanas, este despejo irregular se torna o fator de maior impacto na qualidade da água, tornando-se um problema de ambiental, social e de saúde pública (COSTA, 2021).

Segundo Forel (1892) um lago é definido como um corpo d'água estacionário, ocupando uma determinada bacia e não conectado com o oceano. Lagos são tidos como ambientes lênticos, com duração efêmera quando comparados à escala de tempo geológica, de dezenas a centenas de milhões de anos. Os lagos são suscetíveis a diversos impactos, pois a taxa de troca de água é baixa, o que lhe confere um potencial maior de acumulação de toxinas no sedimento e há uma dependência da quantidade e qualidade das entradas de água dos rios, riachos e precipitação pluviométrica (PEREIRA, 2011).

De acordo com Arcova et. al. (1998), existem muitos processos que controlam a qualidade da água de um manancial, processos estes que fazem parte de um equilíbrio frágil, tendo alterações de ordem física, biológica, química ou climática como, por exemplo, ventos, precipitação e a incidência de radiação solar que afetam verticalmente a estrutura da coluna d'água. As águas para utilização humana devem ser tratadas, mas os mananciais devem ser protegidos, pois a contaminação por elementos que fazem mal a saúde eleva o processo de tratamento, e pode até inutilizá-lo. (VITO, 2007).

O lago Água Preta, é um dos principais alvos do processo de degradação do parque do Utinga, como produto da falta de fiscalização, da manutenção dos mananciais e das pressões antrópicas ocorrentes nos lagos (MENEZES, 2013). Mesmo sendo um manancial de abastecimento, no lago AP a saídas de esgoto, portanto a fiscalização de nutrientes inorgânicos da série nitrogenada é essencial para a sua manutenção e preservação.

Material e Métodos

- Área de estudo

O Parque Estadual do Utinga (PEUt) encontra-se na cidade de Belém-PA, especificamente em uma Área de Proteção Ambiental (APA) (Figura 1). O clima da região é classificado como tropical quente úmido, no qual possui dois períodos sazonais: seco (junho - novembro) e chuvoso (dezembro a maio), com precipitação anual acima de 2000 mm.

No PEUt estão inseridos os lagos Água Preta e Bolonha, que juntos formam os principais mananciais utilizados como fontes de abastecimento de água da Região Metropolitana de Belém (RMB).

As coletas de água foram realizadas em 20 pontos no lago Água Preta (Figura 2), durante o período menos chuvoso (novembro e dezembro de 2023), coletadas em duas profundidades (superfície e fundo), em uma garrafa hidrográfica do tipo Van Dorn, uma alíquota foi destinada a obtenção *in situ*, com sonda multiparâmetros da marca Horiba, dos parâmetros físico-químicos (temperatura, pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido) e outra alíquota foi mantida sob refrigeração. As amostras foram transportadas para o Laboratório de Pesquisa em Monitoramento Ambiental Marinho da Universidade Federal do Pará (LAPMAR/UFPA) para filtragem em membranas de fibra de vidro com porosidade 0,45 μm , separação das alíquotas e caracterização nos seguintes parâmetros: amônia (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-).

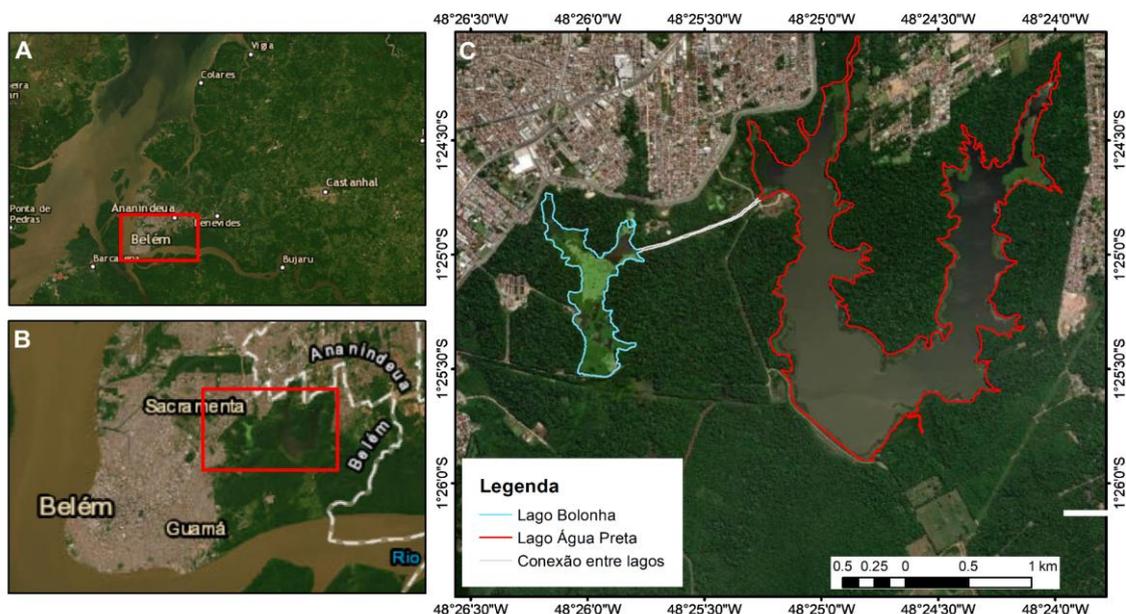


Figura 1 - Localização da área de estudo situada na cidade de Belém, capital do estado do Pará.

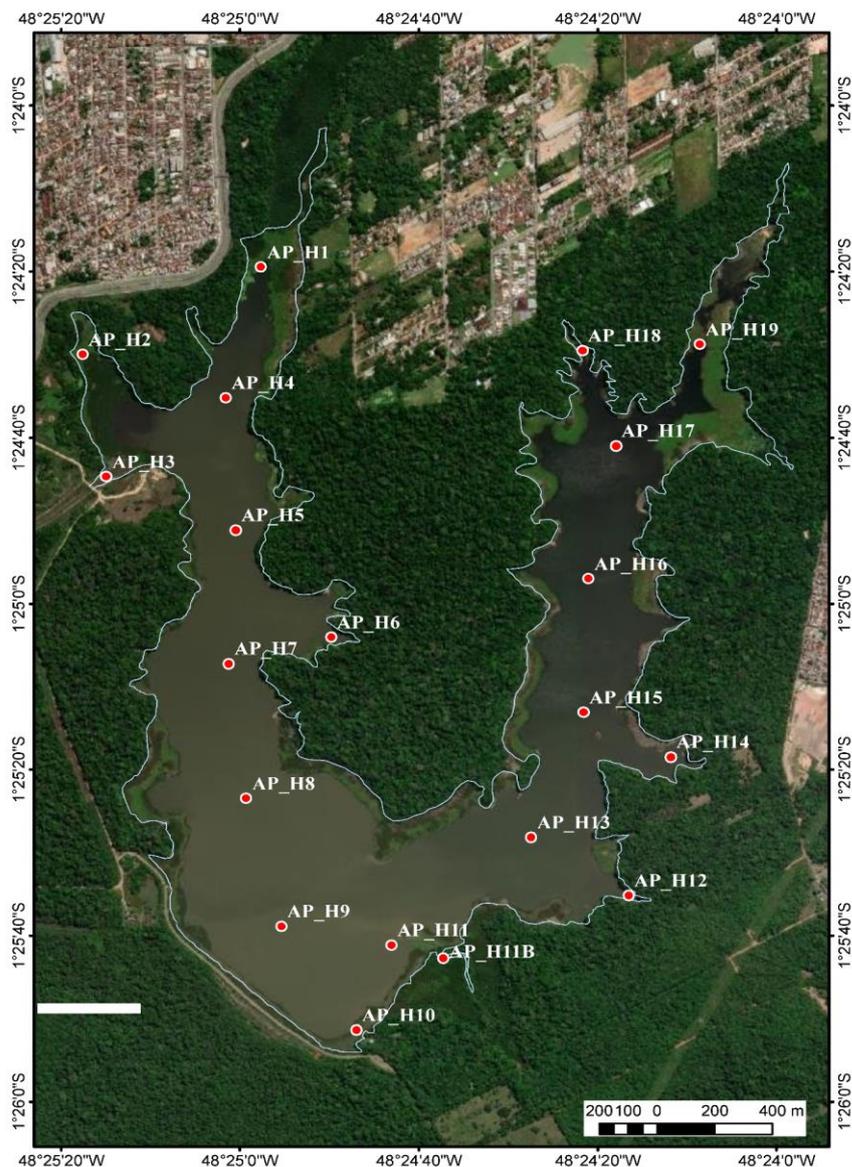


Figura 2 - Localização dos pontos de amostragem no lago Água Preta (AP).

Análises em laboratório

As análises foram conduzidas em réplicas (triplicata), confeccionados brancos e curvas de calibração. Todos os materiais utilizados, vidrarias e materiais plásticos foram limpos em solução de ácido clorídrico (HCl) a 10% v/v. Para a determinação da série nitrogenada inorgânica dissolvida (NO_3^- , NO_2^- e NH_4^+) foram utilizados os métodos espectrofotométricos na faixa UV-visível, em cubetas de 1 cm de acordo com as descrições de APHA (2017).

Determinação de amônio (NH_4^+)

O princípio e método para a determinação do NH_4^+ consiste na reação deste cátion com o cloro do ácido dicloroisocianúrico em meio básico (alcalino), formando a monocloramina (NH_2Cl), onde com a presença de fenol, o cloro em excesso e um catalisador, o nitroprussiato de sódio, produz o azul de indofenol. Para as análises, as amostras foram medidas 25 mL em provetas e adicionados os reagentes, 1 mL de R1 (solução fenol-nitroprussiato), 0,5 mL de R2 (citrato de sódio) e 1 mL de R3 (solução Trione). Após a adição dos reagentes aguardou-se no



mínimo 6 horas e no máximo 30 horas em temperatura ambiente, protegidas da luz. Para a leitura de absorvância utilizou-se o comprimento de onda de 630 nm.

Determinação de nitrato (NO_3^-)

O método de determinação para o nitrato foi baseado na redução quantitativa dos ânions nitrato a partir de dosagens de íons nitrito. As análises foram utilizadas reagentes Nitriver 6 e Nitriver 3 powder de HACH. Este método utiliza cádmio para reduzir o (NO_2^-) a (NO_3^-), em seguida, em meio ácido é produzido um sal através da reação do nitrito com ácido sulfanílico que se acopla com o ácido cromotrópico para formar um composto de coloração rosa. Em provetas de 25 mL, foram adicionadas 15 mL de amostras para as análises. Posteriormente foi adicionado o Nitriver 6 e agitando constantemente durante 3 minutos. Após foi adicionado Nitriver 3 com agitações de 30 segundos, e será aguardado 15 minutos para que ocorra a reação completa. Passados os 15 minutos, foi feita a leitura de absorvância em um espectrofotômetro no comprimento de onda de 507 nm.

Determinação de nitrito (NO_2^-)

Em meio ácido, o nitrito presente nas amostras reage com a sulfanilamida e forma o íon diazótico. O íon diazótico por sua vez reage com o N-(1-naftil)-etilenodiamina dicloridratado (NED) e produz um composto rosa avermelhado. Para as análises, foram separados 25 mL das amostras em provetas, logo em seguida foram colocados 0,5 mL do reagente R1 (solução de sulfanilamida e ácido clorídrico), após 5 minutos adicionaram-se 0,5 mL do R2 (solução de NED). Aguardou-se por no mínimo 10 minutos para realizar a leitura de absorvância no comprimento de onda de 543 nm.

Resultados e Discussão

- Parâmetros Físico-químicos

• Temperatura

A temperatura do lago AP em novembro variou em superfície com mínima de 26,73 °C observado no ponto H1 e máxima de 31,53 °C constatado no ponto H10, com média de 30,77 °C. Na amostragem de fundo a temperatura mínima de 29,04 °C identificado no ponto H1, e máxima foi de 31,51 °C verificado no ponto H10 com média de 30,73 °C.

A temperatura do lago AP em dezembro, na superfície oscilou com mínima de 28,61 °C identificado no ponto H1 e máxima de 31,34 °C percebido no ponto H14, com média de 30,61 °C. Na amostragem de fundo a temperatura mínima de 29,26 °C observado no ponto H18, e máxima foi de 30,79 °C detectado no ponto H11-B, com média de 30,23 °C.

• pH

Os valores obtidos de pH, no mês de novembro, demonstraram que a água do lago AP apresentou caráter ácido, variando de 5,37 a 6,09 em superfície com média de 5,70. Já nas amostras de fundo foram observados valores na faixa de 5,39 a 6,10 com média igual a 5,67 (Figura 3).

Durante o mês de dezembro o pH apresentou pouca variabilidade como pode ser observado na (Figura 4), os valores ficaram entre 5,45 a 6,79, em superfície, com média de 5,93. No fundo, as variações ocorreram entre 5,28 a 6,42, com média de 5,65.

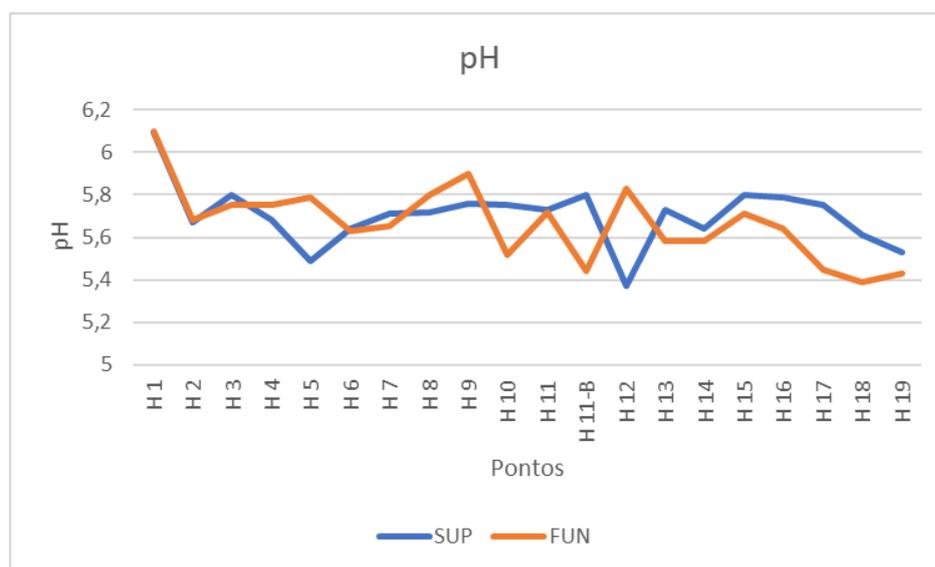


Figura 3 - Medidas de pH em novembro.

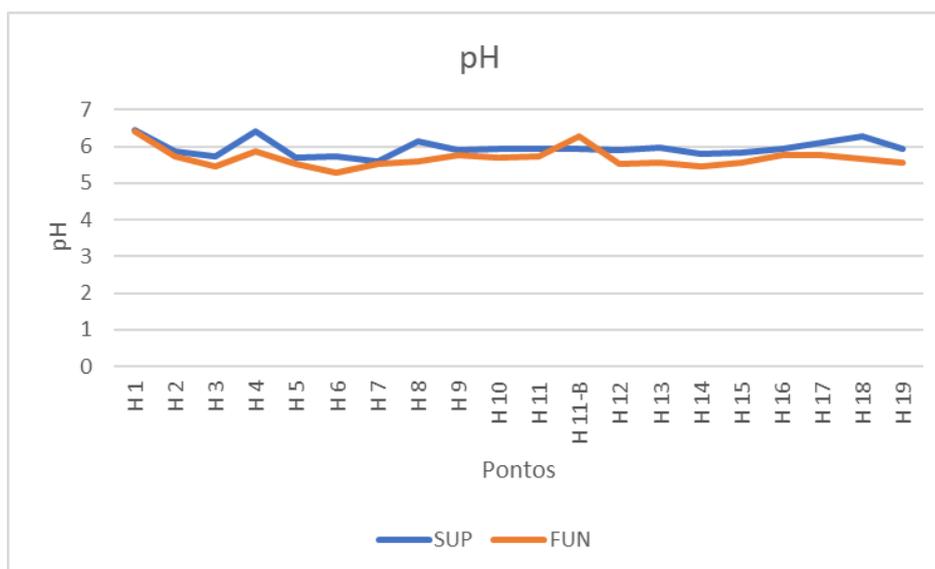


Figura 4 - Medidas de pH em dezembro.

● Oxigênio Dissolvido

O ponto H19 não foi observado OD, o nível máximo de OD em superfície foi detectado no ponto H9 com 5,34 mg/L, com média de 3,94 mg/L⁻¹. Em fundo, os pontos H17, H18 e H19 não foi identificado OD, o máximo foi de 5,27 mg/L⁻¹ constatado no ponto H11, com média de 2,61 mg/L⁻¹ (Figura 5).

O ponto H19 não houve detecção, nível máximo de OD em superfície foi detectado no ponto H11-B com 7,31 mg/L⁻¹, com média de 3,79 mg/L⁻¹. Em fundo, o ponto H19 novamente não houve indicação de OD, o máximo foi de 5,88 mg/L⁻¹ verificado no ponto H9, com média de 2,99 mg/L⁻¹ (Figura 6). As análises de oxigênio dissolvido (OD) mostraram que o lago Água Preta está em sua maior parte com níveis abaixo do estabelecido pela resolução CONAMA 357/05.

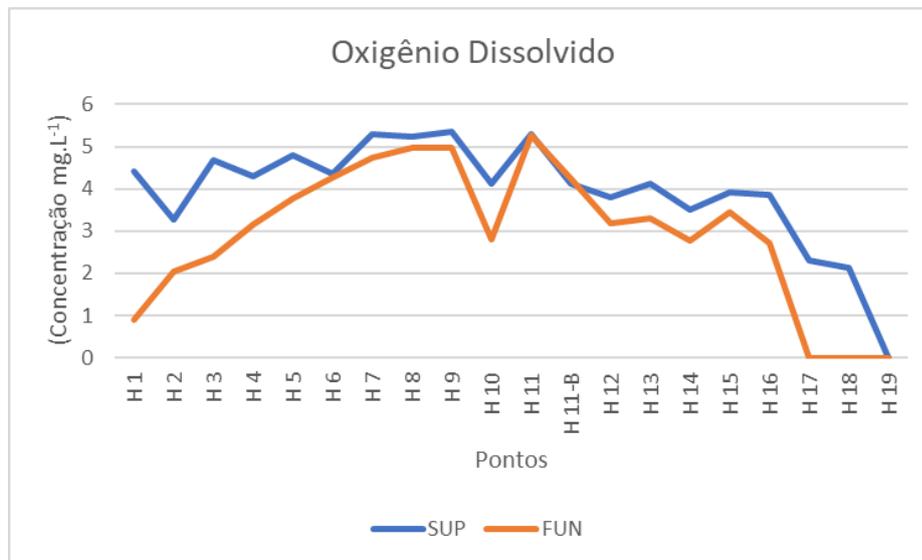


Figura 5 - OD em novembro.

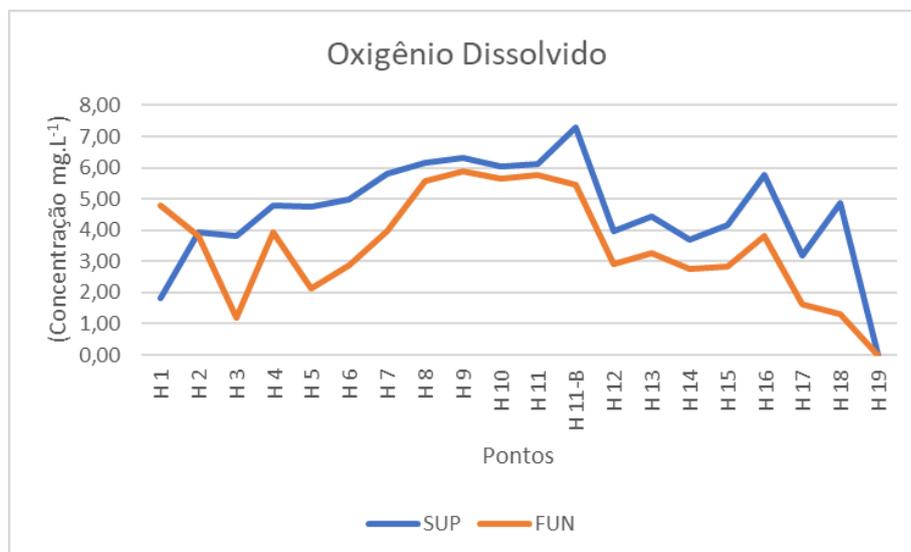


Figura 6 - OD em dezembro.

- **Condutividade Elétrica**

A condutividade elétrica permaneceu quase constante em toda extensão do lago AP, o mínimo de 0,127 mS/cm encontrado no ponto H19, e o máximo detectado em superfície foi 0,264 mS/cm em H6, com média de 0,216 mS/cm. Em fundo, o valor mínimo de 0,135 mS/cm observado no ponto H19, e máximo foi de 0,260 mS/cm verificado em H7, com média de 0,222 mS/cm.

A condutividade elétrica em dezembro não sofreu alterações significativas, o mínimo foi de 0,136 mS/cm identificado no ponto H19, e o máximo detectado foi 0,222 mS/cm no ponto H11-B com média de 0,177 mS/cm. Em fundo o mínimo foi de 0,125 mS/cm observado no ponto H18, e máximo foi de 0,223 mS/cm percebido no ponto H11-B, com média de 0,174 mS/cm.

- **NITRITO (NO₂⁻)**

O nitrito é um composto químico que faz parte do ciclo do nitrogênio, advindo principalmente da ação bacteriana no ambiente aquático, a alta concentração deste composto indica atividade de bactérias na decomposição da matéria orgânica, bem como da atividade

industrial, uma vez que o NO_2^- é também utilizado como fixador de cor e sabor em carnes (MOTA, 2017).

Para o mês de novembro, em superfície o NO_2^- variou com concentração mínima de 0,01 mg/L, e máxima de 0,02 mg/L, e com média de concentração de 0,01 mg/L. As leituras nas amostras de fundo indicaram a presença de NO_2^- variando, com concentração mínima de 0,01 mg/L, e máxima de 0,02 mg/L, com média de 0,01 mg/L (Figura 7).

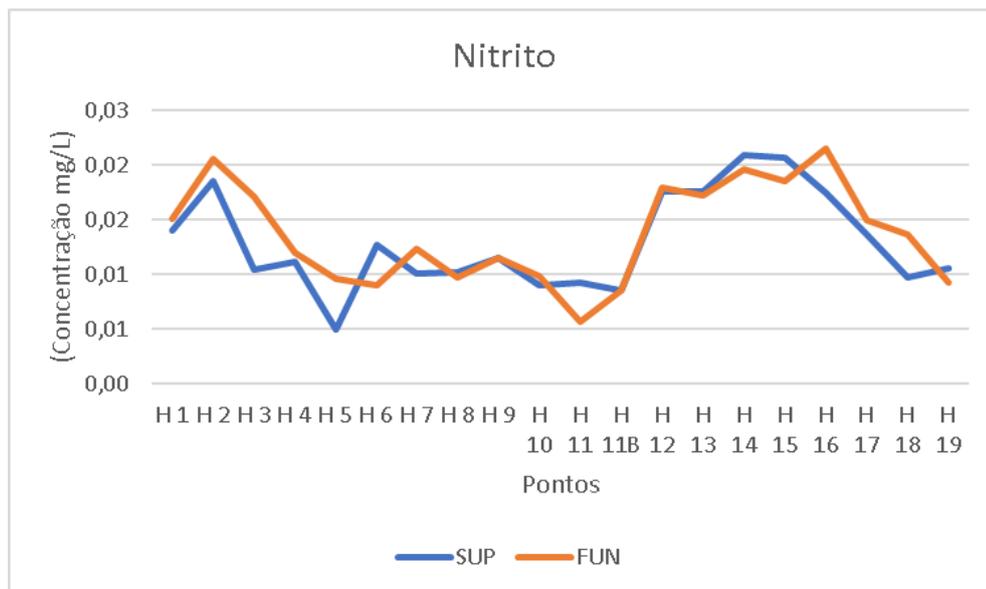


Figura 7 - NO_2^- em novembro.

Na amostragem de superfície, a concentração nos pontos H13 e H19 foram iguais a 0,01 mg/L, com máxima foi de 0,03 mg/L detectado no ponto H1. Na amostragem de fundo, a concentração máxima detectada foi de 0,04 mg/L no ponto H1, nos pontos H10, H13, H16, e H19 não apresentaram o referido nutriente, portanto não havendo a presença do nitrito (Figura 8).

O nitrito, no mês de novembro a concentração não ultrapassou 0,02 mg/L em todos os 20 pontos analisados, a baixa concentração está associada a proliferação de macrófitas no lago que consomem este nutriente (ESTEVES, 2011). Para o mês de dezembro, a amostragem demonstrou concentração mais elevada, chegando a 0,04 mg/L associado ao aumento da atividade pluviométrica, da ação antrópica na região.

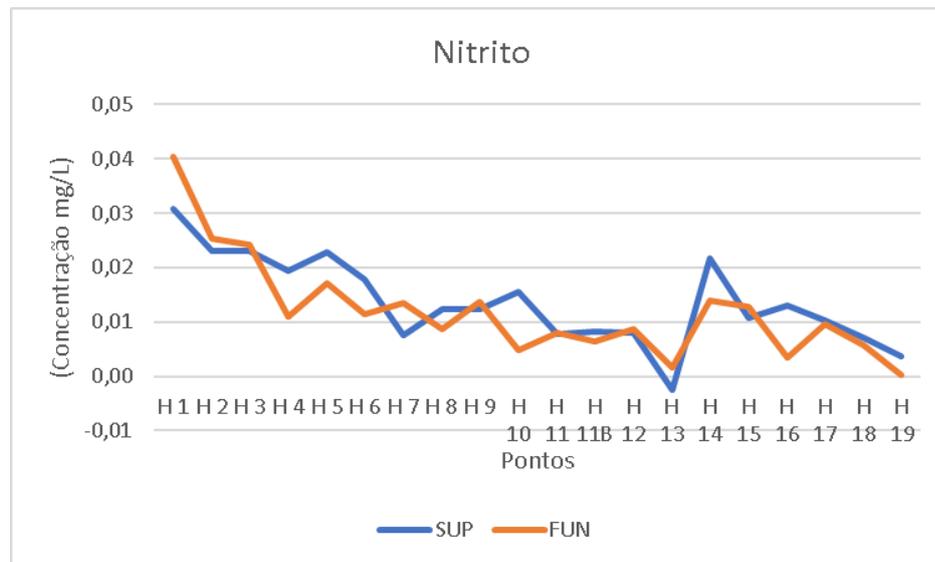


Figura 8 - NO_2^- em dezembro.

- NITRATO (NO_3^-)

O nitrato é um íon altamente solúvel em água, é principalmente utilizado como aditivo alimentar na forma de sal (NaNO_3). O uso destes aditivos é altamente discutido em virtude da possibilidade de originarem compostos nitrosos de ação carcinogênica, como a N-nitrosodimetilamina e a monometilnitrosamina (OLIVEIRA, 2005).

No lago Água Preta foram coletados 20 pontos (superfície e fundo) para a determinação de Nitrato em novembro. Posteriormente, feito o tratamento em laboratório, as leituras de espectrofotometria, indicaram a presença de NO_3^- dissolvido na água.

Nos pontos de superfície, as concentrações variaram com mínima de 1,5 mg/L coletado no ponto H11-B e máxima de 4,1 mg/L coletado no ponto H1, com média de 2,3 mg/L. Na amostragem de fundo, as concentrações variaram de 1,7 mg/L coletado no ponto H19 e 3,6 mg/L coletado no ponto H1, com média de 2,4 mg/L (Figura 9).

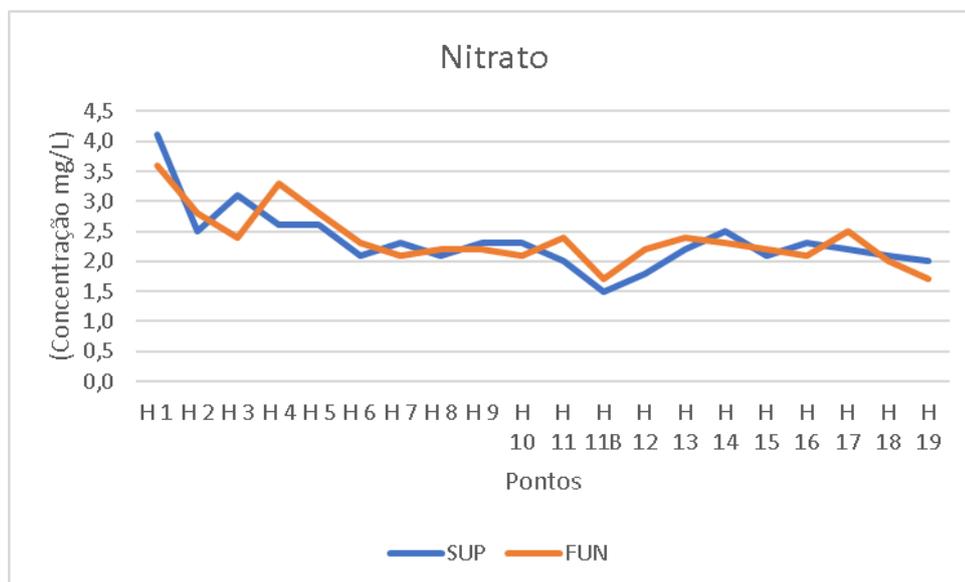


Figura 9 - NO_3^- em novembro.

Nos pontos de superfície, as concentrações alternaram com mínimo de 0,79 mg/L observado no ponto H19 e máxima de 9,50 mg/L detectado no ponto H1, com média de 3,67 mg/L na concentração.

Na amostragem de fundo, as concentrações intercalaram com mínimo de 0,55 mg/L observado no ponto H18 e máxima de 8,80 mg/L verificado no ponto H1, com média de 3,53 mg/L.

O nitrato, no mês de dezembro, a amostragem apontou concentração média de 2,3 mg/L na superfície e 2,4 mg/L no fundo, apesar da alta concentração, a CONAMA estabelece no mínimo 10 mg/L de NO_3^- na água. Em dezembro, a média da concentração em superfície não ultrapassou 3,67 mg/L, no entanto, os pontos H1-SUP, H1-FUN, H2-SUP e H2-FUN demonstraram altas concentrações, alcançando valores próximos ao limite estabelecido pela resolução da CONAMA N° 357/2005. Isso acontece devido a localização desses pontos, que estão próximos a efluentes domésticos. A alta concentração deste nutriente causa a proliferação de plantas, alterando o nível de oxigênio dissolvido, temperatura e penetração da radiação solar na coluna d'água (ESTEVEES, 2011), (Figura 3, Figura 4, Figura 5, Figura 6).

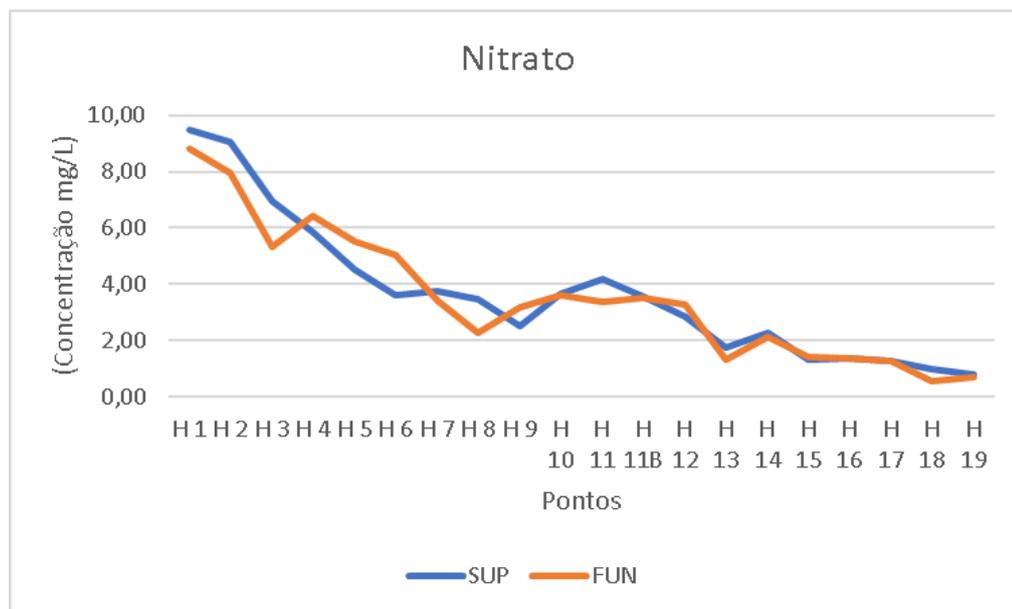


Figura 10 - NO_3^- em dezembro.

- AMÔNIO (NH_4^+)

O amônio é um íon mais acessível em termos energéticos, já que precisa de menos oxigênio para sofrer oxidação (ESTEVEES 2011). Sendo o produto da redução do nitrito, é utilizado metabolicamente por ecossistemas anaeróbios.

No lago Água Preta, foram analisados em novembro 20 pontos do amônio (superfície e fundo)- Em superfície, as concentrações variaram com mínimo de 0,01 mg/L que foi observado nos pontos H7 ao H18 e máxima de 0,04 mg/L obtido no ponto H1, a média da concentração foi 0,01 mg/L.

Na amostragem de fundo, a concentração mínima foi de 0,01 mg/L no ponto H16, portanto não houve detecção do referido nutriente neste ponto. O máximo foi de 0,06 mg/L observado no ponto H12. A média da concentração no lago AP foi de 0,02 mg/L.

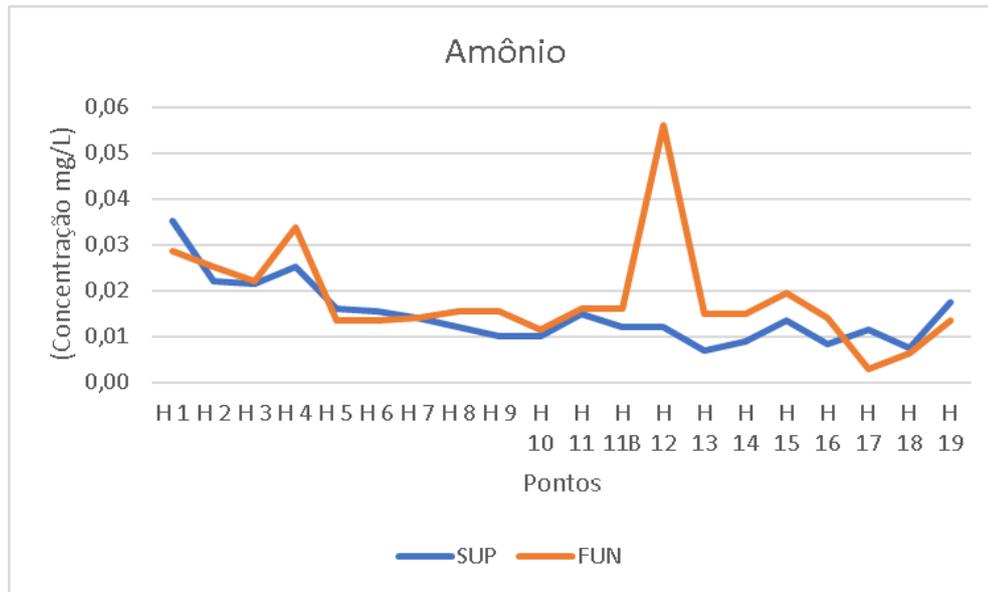


Figura 11 - NH₄⁺ em novembro.

Em dezembro, foram analisados 20 pontos (superfície e fundo) do amônio. Na amostragem de superfície, as concentrações variaram com máxima de 1,77 mg/L detectado no ponto H1, e mínima de 0,14 mg/L determinado no ponto H7, com média de 0,61 mg/L na concentração. Na amostragem e fundo, a concentração máxima foi de 1,95 mg/L obtido no ponto H1, e a concentração mínima foi de 0,12 mg/L constatado no ponto H7, com média de 0,49 mg/L.

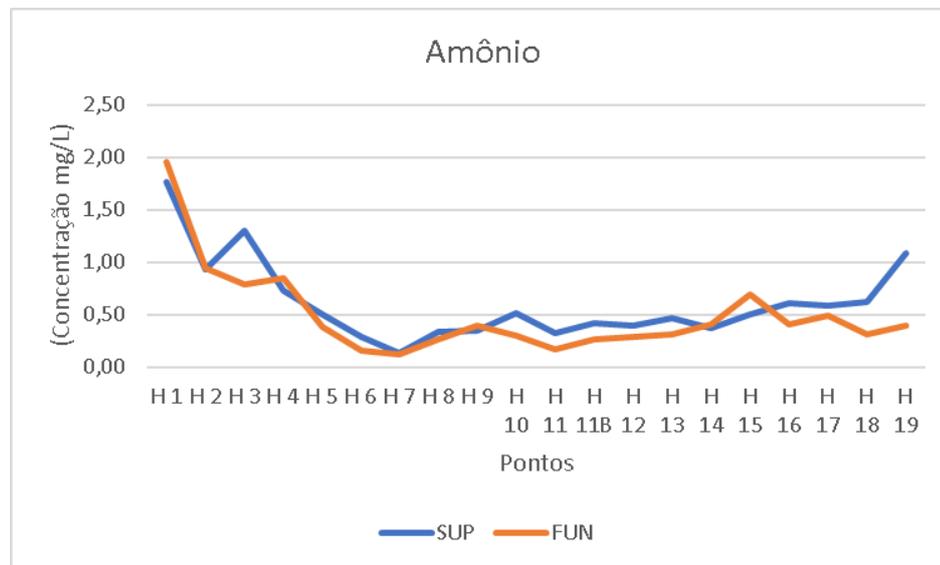


Figura 12 - NH₄⁺ em dezembro.

O amônio, no mês de novembro, a amostragem demonstrou uma baixa concentração deste nutriente no lago, não ultrapassando 0,04 mg/L. Em dezembro, a amostragem indicou um aumento na concentração, alcançando 1,77 mg/L no ponto H1-SUP, visto que a média do pH do lago AP para este mês é de 5,84, e o pH do ponto H1-SUP foi igual a 6,42. A resolução CONAMA 357/2005 estabelece valores para concentração de amônio para águas doces destinadas a abastecimento público que dependem do pH da água, sendo o menor valor igual a 1,0 mg/L para o pH > 8,5.

De forma geral, o lago AP está com os nutrientes em níveis abaixo do estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005, a causa provável é que o AP apesar de fazer parte do sistema de abastecimento da capital paraense e da RMB, também é alvo da degradação antrópica. Os pontos destacados (*Figura 13*) demonstraram altas concentrações durante o período analisado, a causa principal é que nos locais há o despejo de esgoto. Com o aumento da concentração de nitrogênio, há uma tendência no aumento da população de macrófitas na água (*Figura 14*), que por sua vez diminui a capacidade do lago de absorver o oxigênio, diminuição do pH, comprometendo a vida marinha e deixando o manancial impróprio para uso.

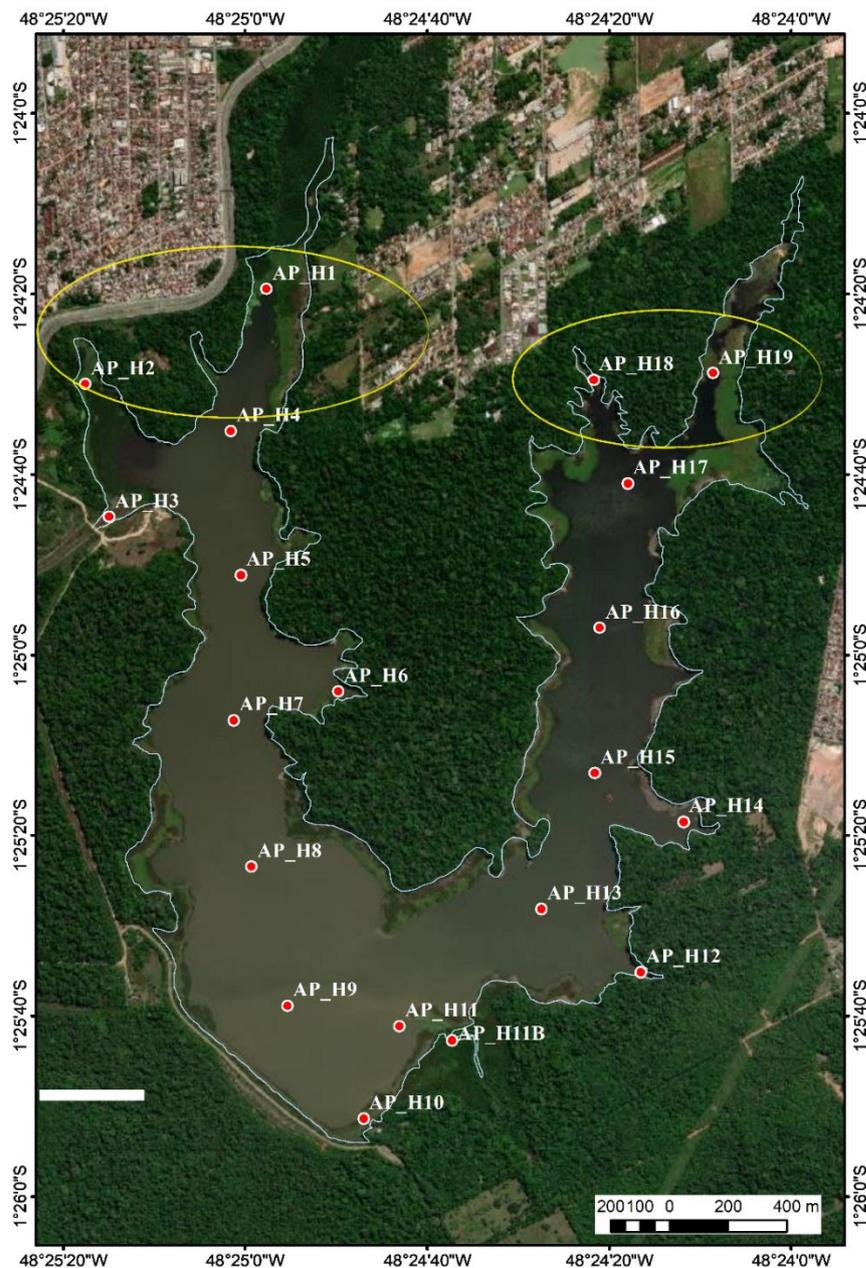


Figura 13 - Pontos com maiores concentrações produto do despejo de efluentes domésticos sem nenhum tratamento.



Figura 14 - Lago AP coberto por macrófitas.

Conclusões

Apesar da pressão antrópica que o Lago Água Preta tem sofrido ao longo dos anos, como já amplamente relatado na literatura, as concentrações dos nutrientes investigados e dos parâmetros avaliados, se mostraram abaixo do estabelecido pela Resolução CONAMA N° 357/2005, apesar das maiores concentrações terem sido obtidas nos pontos próximos do despejo de esgoto in natura diretamente no lago. A partir dos dados obtidos se pode afirmar a necessidade de um monitoramento contínuo da qualidade hídrica do Lago Água Preta e um correto manejo das macrófitas que estão se proliferando no lago comprometendo a biodiversidade.



Referências

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION - AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERATION - WEF. Standard methods for examination of water and wastewater. 23rd ed. Washington: American Water Works Association and Water Environment Federation, 2017. p. 4358.

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. Qualidade da água em microbacias recobertas por florestas de Mata Atlântica, Cunha, São Paulo. Revista do Instituto Florestal de São Paulo, São Paulo, v. 10, n. 20, p. 185-196, 1998.

BÖCK, F. C.; HELFER, G. A.; COSTA, A. B.; DESSUY, M. B.; FERRÃO, M. F. Rapid Determination of Ethanol in Sugarcane Spirit Using Partial Least Squares Regression Embedded in Smartphone. Food Analytical Methods, v. 11, n. 4, p. 1951-1957, 2018.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

COSTA, K. A.; COL. A. D.; VENTURA, A. C. T.; GUMY, M. N.; WEINERT, P. L.; SCHEFFER, E. W. O. Influência das atividades antrópicas sobre a qualidade da água em lagos urbanos: um estudo de caso, 25 fev. 2021.

ESTEVES, F. D. A. Fundamentos de limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

FERREIRA, A.; CUNHA, C. Environmental sustainability of water resources in the city of Rio de Janeiro, Brazil. Revista Panamericana de Salud Pública, v. 18, n. 2, p. 93-99, 2005.

FOREL, F. A. Le Léman: monographie limnologique. v. 1. Harvard University: F. Rouge, 1892.

JUNIOR, A. P. M.; COTA, G. E. M.; LEMOS, R. S. Contradições e desafios para a proteção de mananciais hídricos em Minas Gerais - Os casos das áreas de proteção especial de Vargem das Flores e Serra Azul - Região Metropolitana de Belo Horizonte, 2016.

MENEZES, L. B. C.; CARVALHO, E. A. de; NUÑEZ, Y. T.; BRITO, L. B.; SEMBER, N. B. G.; VASCONCELOS, E. F. Parques urbanos de Belém (PA): situação atual e problemáticas sócio-ambientais. Ipiranga Pesquisa: Ciências, Tecnologias & Humanidades, Belém, v. 1, n. 1, p. 32-49, 2013.



MOTA, R. G.; NASCIMENTO, E. E.; HADID, H. C. Estudo da intoxicação por nitratos e nitritos em bovinos no norte do Paraná, 2017.

No Pará, estado da COP 30, 91% da população não tem coleta de esgoto, diz levantamento. Disponível em: <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2024/03/20/no-para-estado-da-cop-30-91percent-da-populacao-nao-tem-coleta-de-esgoto-diz-levantamento.ghtml>. Acesso em: 25 set. 2024.

OLIVEIRA, M. J.; ARAÚJO, W. M. C.; BORGIO, L. A. Quantificação de nitrato e nitrito em linguiças do tipo frescal, 2005.

PASSOS, L. M. L.; SOUZA-SARTORI, J. A.; BERGAMIN-LIMA, R.; ZOCCA, T. N.; BAPTISTA, A. S.; AGUIAR, C. L. Extração de proteína total e atividade antioxidante de torta de filtro de cana de açúcar. Revista de Química Industrial, n. 741, p. 22-28, 2013.

PELLIZZARO, P. C.; HARDT, L. P. A.; BOLLMANN, H. A.; HARDT, C. Urbanização em áreas de mananciais hídricos: estudo de caso em Piraquara, Paraná. Cadernos Metrópole, n. 19, 2008.

PEREIRA, A. L. Princípios da restauração de ambientes aquáticos continentais. Boletim da Associação Brasileira de Limnologia, 2011.

ROLLNIC, M. Diagnóstico dos lagos: Água Preta e Bolonha para fins de enquadramento de corpos d'água, 2024.

VITO, M. Avaliação do risco de contaminação dos mananciais hídricos para o abastecimento: o caso da bacia da Barragem do Descoberto, 2007.