



Eutrofização e identificação de contaminantes (Inputs) em Ecossistemas Aquáticos no PEUt, Belém - Pará.

Gustavo Henrique Viana de Lira¹
Lucas Sousa de Oliveira Pojo²
Moisés Amaro Silva³
Danilo Oliveira Lima⁴
Luiz Ricardo F. de Souza⁵
Luanny Gama Santos⁶
Rita Denize de Oliveira⁷

RESUMO

A eutrofização é um fenômeno caracterizado pelo enriquecimento excessivo de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo, nos ecossistemas aquáticos, resultando no crescimento descontrolado de algas e outros organismos autotróficos. Esse processo pode ocorrer naturalmente ao longo de milhares de anos, mas sua intensificação decorre, principalmente, de atividades antrópicas, como o despejo de esgoto doméstico, a ocupação desordenada e a ausência de saneamento básico adequado. A eutrofização compromete a qualidade da água, reduz a biodiversidade e impacta negativamente o abastecimento humano, tornando-se um desafio ambiental relevante. Os lagos Bolonha e Água Preta, localizados no Parque Estadual do Utinga, cidade de Belém (PA), desempenham um papel fundamental no abastecimento de água da região metropolitana. No entanto, esses ecossistemas vêm sofrendo impactos significativos devido à crescente pressão urbana e ambiental, apresentando sinais evidentes de eutrofização. O aumento na carga de nutrientes, proveniente tanto de fontes difusas quanto pontuais, tem contribuído para alterações físicas, químicas e biológicas nesses corpos hídricos, evidenciando um processo progressivo de degradação. Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar os impactos da eutrofização nos lagos Bolonha e Água Preta, identificando os fatores responsáveis pelo fenômeno e suas consequências ecológicas e sociais. Para isso, emprega-se uma abordagem metodológica que combina revisão da literatura, observação empírica e análise de imagens de satélite. Essa abordagem integrada permite compreender as dinâmicas ambientais dos ecossistemas estudados e subsidiar propostas para a mitigação do problema. A pesquisa fundamenta-se na Teoria Geral dos Sistemas, de Ludwig von Bertalanffy, para analisar as interações entre os diversos componentes desses ambientes aquáticos, destacando a interdependência entre fatores bióticos e abióticos. Dos principais resultados destaca-se observação empírica direta dos lagos, realizada durante visitas de campo no Parque Estadual do Utinga, aspectos visuais dentre os quais a elevada concentração de macrofitas indicativos do processo de eutrofização, acúmulo de matéria orgânica e alterações na coloração da água. Paralelamente, imagens de satélite obtidas por meio dos softwares Google Earth em conjunto com

¹ Graduando pelo Curso de **Geografia** da Universidade Federal do Pará - UFPA, gustavo.lira@ifch.ufpa.br

² Graduando pelo Curso de **Geografia** da Universidade Federal do Pará - UFPA, lucas.pojo@ifch.ufpa.br

³ Graduando pelo Curso de **Geografia** da Universidade Federal do Pará - UFPA, Pn045641@gmail.com

⁴ Graduando pelo Curso de **Geografia** da Universidade Federal do Pará - UFPA

⁵ Graduando pelo Curso de **Geografia** da Universidade Federal do Pará - UFPA

⁶ Graduando pelo Curso de **Geografia** da Universidade Federal do Pará - UFPA, luanny.santos@ifch.ufpa.br

⁷ Professor orientador: Doutora, Faculdade de Geografia e Cartografia UFPA. Denize40geoatm@gmail.com



Google Maps, foram analisadas para avaliar a evolução do estado ambiental dos lagos ao longo das últimas duas décadas. Os resultados da pesquisa indicam a presença de três principais fontes contaminantes nos lagos Bolonha e Água Preta: (a) o Canal Yuna, localizado no interior do Parque Estadual do Utinga, que recebe a drenagem das áreas urbanizadas do bairro Curió-Utinga e é utilizado para área de recreação no Parque como canoagem; (b) o Rio Guamá; e (c) o Rio Aurá e fontes difusas. A análise de imagens sugere que nas últimas décadas anos os lagos apresentaram maior cobertura vegetal aquática, evidenciando um avanço da eutrofização. As conclusões reforçam que a contaminação dos lagos está diretamente relacionada ao lançamento de esgoto doméstico e à decomposição de lixo proveniente da bacia do Rio Aurá gerando *Outputs* a qualidade da água, aspecto paisagístico do parque e desconforto olfativo.

Palavras-chave: Teoria dos Sistemas, percepção e Unidade de Conservação.

INTRODUÇÃO

A eutrofização é um fenômeno caracterizado pelo enriquecimento excessivo de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo, nos ecossistemas aquáticos, resultando no crescimento descontrolado de algas e outros organismos autotróficos (Oliveira et al., 2022). Esse processo pode ocorrer naturalmente ao longo de milhares de anos, mas é intensificado por atividades antrópicas, como o despejo de esgoto doméstico, a ocupação desordenada e a ausência de saneamento básico adequado nas áreas circundantes. Como consequência, há uma deterioração da qualidade da água, redução da biodiversidade e impactos negativos para o abastecimento humano.

Os lagos Bolonha e Água Preta, localizados na cidade de Belém (PA), são os principais mananciais de abastecimento de água da região. No entanto, a crescente pressão urbana e ambiental tem levado a alterações significativas nesses ecossistemas, evidenciando sinais de eutrofização (Santos et al., 2023; Macedo et al., 2024). A compreensão desse processo é essencial para o desenvolvimento de estratégias de mitigação e gestão sustentável desses corpos hídricos.

Diante desse contexto, este estudo tem como objetivo analisar os impactos da eutrofização nos lagos Bolonha e Água Preta, avaliando os fatores responsáveis pelo fenômeno e suas consequências ecológicas e sociais. Para isso, utilizou-se uma abordagem metodológica baseada na observação empírica, análise de imagens e revisão bibliográfica, permitindo uma visão integrada das dinâmicas ambientais desses ecossistemas. Além disso, o estudo se fundamenta na Teoria Geral dos Sistemas, de Ludwig von Bertalanffy, para compreender a interação entre os diferentes elementos que compõem esses ambientes aquáticos.

Os resultados obtidos contribuirão para o entendimento dos processos de degradação desses lagos e poderão subsidiar políticas públicas voltadas à preservação da qualidade da água e à conservação dos recursos hídricos da região. E principalmente, relacionar umas das principais teorias de caráter interdisciplinar.

Do ponto de vista da importância da teoria geral dos sistemas (TGS) é usado em diversas áreas, incluindo as áreas da natureza. Desta forma um sistema é marcado pela presença de partes ou variáveis que interagem entre si, sendo alimentado por matéria ou energia. Essa energia que entra é processada e sai, e pode originar o *feed-back* (Figura 01).

Figura 01: Esquema da teoria do sistema.



Fonte: Adaptado de Miguel e Silveira (2018)

Na natureza é comum a presença dos sistemas abertos em que há troca de matéria e energia a exemplo das bacias hidrográficas que um sistema fundamental para compreender o processo de eutrofização. No quadro abaixo são apresentados os principais conceitos relacionados a TGS (quadro 01).

Quadro 01: Principais características da Teoria Geral dos Sistemas.

Característica	Descrição
Interação	Ação recíproca que pode modificar o comportamento dos elementos que compõem o sistema.
Totalidade	Um sistema não é simplesmente a soma de elementos que o compõem, mas o todo, não se olvi dando as suas partes;
Organização	Representada em uma organização estrutural e funcional
Complexidade	Grau de complexidade dependerá do número de elementos que compõem o sistema, além do tipo, do número de inter-relações existentes entre estes e, da sua hierarquização

Relações entre as partes	As unidades estão inter-relacionadas, uma dependendo da outra, apresentando fluxos
Atributos	São qualidades que, caracterizam os elementos do sistema, auxiliando na descrição de comprimento, volume, área, composição e densidade dos fenômenos;
Entrada (input)	Constituída por aquilo que o sistema recebe de energia para o seu funcionamento, visto que cada sistema é alimentado por diversos tipos de entrada.
Saída (output)	O que entra no sistema sofre transformações no interior dele
Realimentação (feedback):	Processo de controle para se manter o sistema em equilíbrio
Tamanho	E definido conforme o número de unidades que compõem o sistema;
Correlação	A correlação entre as variáveis do sistema estabelece o modo pelo qual elas se relacionam, em que a força indica o valor da intensidade, e, o sinal positivo ou negativo, a direção em que ocorre o relacionamento.
Casualidade	A direção mostra qual variável é independente e, qual é dependente, sendo que, a variável dependente, que é controlada, sofrerá alterações somente quando a independente, que controla, se alterar.

Fonte: Adaptado de Christofolleti (1980) e Oliveira (2017)

METODOLOGIA

Os métodos aplicados no estudo são amplamente baseados na observação empírica dos lagos Água Preta e Bolonha. Durante a visita de campo no Parque Estadual do Utinga, foram realizados múltiplos registros fotográficos que capturaram as condições visuais e ambientais dos locais. A abordagem permitiu identificar aspectos típicos do processo de eutrofização como a presença anormal de vegetação aquática, acúmulo de lodos, variações artificiais na coloração da água e as interações entre elementos bióticos e abióticos presentes nos lagos Bolonha e Água Preta

Paralelamente, se utilizou a extração e análise de imagens obtidas tanto em campo quanto de bancos de dados online, usando em as imagens de satélite dos softwares Google Maps e Google Earth. O software Google Earth por meio de uma ferramenta capaz de selecionar imagens de satélite com várias temporalidades. empormais permitiu que fossem observados com mais profundidade e detalhes a situação dos aquíferos durante os últimos 20 anos, dando uma visão mais complexa a respeito da limpeza e manutenção dos lagos desde aquele tempo.



Complementando as observações e a análise de imagens, foi realizada uma revisão bibliográfica de artigos científicos, relatórios técnicos e outras publicações relacionadas aos ecossistemas e à dinâmica ambiental dos lagos. A partir desse ponto, foi possível estabelecer um referencial teórico sólido, correlacionando os dados empíricos e visuais com estudos prévios e identificando oportunidades para novas interpretações e métodos de estudo. A integração das três abordagens – observação empírica, análise de imagens e revisão da literatura – possibilitou uma compreensão multilateral e aprofundada das características e processos relacionados a eutrofização ue regem os lagos Água Preta e Bolonha.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os lagos Bolonha e Água Preta, localizados no Parque Estadual do Utinga, cidade de Belém (PA), desempenham um papel fundamental no abastecimento de água da região metropolitana. No entanto, esses ecossistemas vêm sofrendo impactos significativos devido à crescente pressão urbana e ambiental, apresentando sinais evidentes de eutrofização.

A hidrografia local e regional é marcada pela importância do rio Guamá com maior magnitude de vazão, que tem como principal afluente o rio Guamá é o Capim. Os rios Moju e Acará apresentam sua foz integrada a do rio Guamá, todos com regime de maré associado (Dias e Lima, 2019; Ferreira *et al.*, 2020 *apud* Macedo 2024). Assim, a totalidade da bacia do rio Guamá é formada por um conjunto de microbacias, que dadas as suas dimensões, têm comportamento e dinâmicas próprias (Rocha e Lima, 2022).

A água bruta do rio Guamá é bombeada e aduzida para o lago Água Preta (cerca de 9.905.000.m³), seguida de descarga de água para o lago Bolonha (cerca de 1.954.000 m³) por gravidade (Oliveira et al., 2018). Além disso, o lago Bolonha também recebe água de chuva, água subterrânea e água drenada em sua bacia hidrográfica (rio Aurá, trecho dos igarapés Tucunduba e Uriboquinha, sub-bacias dos rios Murucutum e Água Preta) (Figura 01).

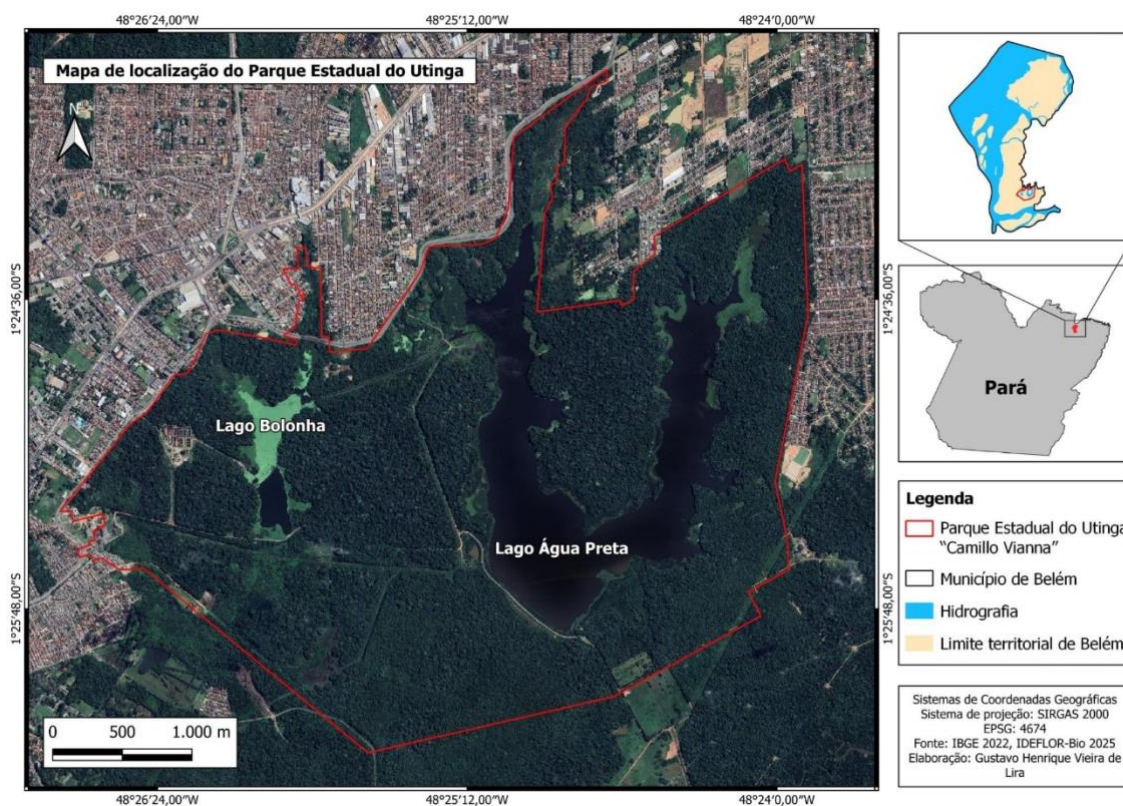


Figura 01: Mapa de localização contextualizando o Parque Estadual do Utinga,

O Lago Bolonha possui 2 milhões de m³ e apesar do lago estar situado em uma Área de Proteção Ambiental, há uma forte pressão de poluição decorrente principalmente de invasões em seu entorno. Nesse Lago, a água é bombeada para três Estações de Tratamento de Água (ETA's) a ETA do Bolonha, ETA de São Brás e a ETA do chamado 5º setor. Após o tratamento, a água é transferida para os reservatórios de distribuição da Zona Central de Belém e da chamada Zona de expansão.

Desta forma o processo de eutrofização é marcado tanto por fontes difusas como pontuais, que provocou alterações químicas e, por conseguinte biológicas tanto no lago Bolonha como no Agua Preta evidencia-se um processo progressivo de degradação, marcado principalmente pelo lançamento de esgoto domiciliar que tem como consequências ecológicas como a eutrofização, dados confirmados em pesquisas anteriores (Souza, 2021) (Figura 02). A observação empírica direta dos lagos, realizada



durante visitas de campo no Parque Estadual do Utinga, aspectos visuais dentre os quais a elevada concentração de macrofitas indicativos do processo de eutrofização, acúmulo de matéria orgânica e alterações na coloração da água.

Figura 02: Indicadores de eutrofização na superfície dos lagos Bolonha e Água Preta., respectivamente.



Fonte: Autoral (2023, 2024)

Os resultados da pesquisa indicam a presença de três principais fontes contaminantes nos lagos Bolonha e Água Preta: (a) o Canal Yuna, localizado no interior do Parque Estadual do Utinga, que recebe a drenagem das áreas urbanizadas do bairro Curió-Utinga e é utilizado para área de recreação no Parque como canoagem; (b) o Rio Guamá; e (c) o Rio Aurá e fontes difusas. A análise de imagens sugere que nas últimas décadas anos os lagos apresentaram maior cobertura vegetal aquática, evidenciando um avanço da eutrofização. As conclusões reforçam que a contaminação dos lagos está diretamente relacionada ao lançamento de esgoto doméstico e à decomposição de lixo proveniente da bacia do Rio Aurá gerando *Outputs* a qualidade da água, aspecto paisagístico do parque e desconforto olfativo (Figura 03).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Teoria do Sistema foi importante para identificar as bacias hidrográficas que contribuem direta ou indiretamente com o Parque, destacando-se a importância do Rio Guamá e de bacias secundárias como a do Rio Aurá, que sofre influências de impactos oriundos do aterro sanitário, e bacias de menores envergaduras como os rios



Murucutum e Água Preta, que sofrem impactos da instalação de favelas em bairros como Curió-Utinga.

Entretanto, ficou evidente que apenas compreender o sistema natural e suas inter-relações não é suficiente para explicar ou conter o processo de degradação observado. A abordagem sistêmica revelou, sobretudo, como elementos externos ao sistema natural – como urbanização desordenada, falta de saneamento básico e ineficiência no controle do uso do solo – atuam como Inputs negativos, acelerando a eutrofização e comprometendo a integridade desses ecossistemas. Assim, o modelo sistêmico precisa ser complementado por uma análise socioeconômica e política das pressões antrópicas exercidas sobre essas bacias.

Fatores como o despejo de esgoto doméstico, o avanço de ocupações irregulares e o descarte inadequado de resíduos sólidos tornam-se variáveis críticas no desequilíbrio do sistema, evidenciando que a degradação ambiental não é um resultado apenas ecológico, mas também social e institucional. Por isso, as soluções demandam ações integradas entre o poder público, as comunidades locais e instituições de pesquisa.

A partir dessas conclusões, recomenda-se a formulação de um plano integrado de gestão ambiental das bacias que alimentam o Parque Estadual do Utinga, associando ações de recuperação de áreas degradadas, melhoria do saneamento básico, fiscalização efetiva do uso do solo e fortalecimento da educação ambiental. A utilização de tecnologias de sensoriamento remoto e o monitoramento contínuo por imagens de satélite devem ser intensificados para acompanhar a evolução do processo de eutrofização e subsidiar decisões mais rápidas e precisas.

Portanto, a conservação dos lagos Bolonha e Água Preta depende não apenas de intervenções ambientais pontuais, mas de uma mudança estrutural na gestão urbana da região metropolitana de Belém, onde a integração entre disciplinas, saberes locais e políticas públicas será determinante. Nesse contexto, a Teoria Geral dos Sistemas permanece como uma ferramenta fundamental para entender e propor soluções sistêmicas e não fragmentadas.

Figura 03: Áreas de igapós na entrada do Parque do Utinga e Canal Yuna que atravessa o parque e é utilizado para atividades recreativas.



Fonte: Autoral (2024)

REFERÊNCIAS

BERTALANFFY, L. von. Teoria geral dos sistemas: fundamentos, desenvolvimento, aplicações. Petrópolis: Vozes, 1975.

CHRISTOFOLLETI, A. Introdução a geomorfologia. 2a ed. Edgar Blucher, São Paulo, 1980

FALCAO SOBRINHO, J.; SOUZA, A. P. M.; FALCÃO, I. L. C. E FALCAO, I. L. C. NATUREZA, MEIO AMBEINTE E A TEORIA GERAL DOS SISTEMAS Bases Ambientais, Econômicas e Jurídicas. HOLOS, Ano 33, Vol. 08. 2017.

MACEDO, Murylo Augusto Ribeiro; SOUZA, Adriano Joaquim Neves; SOUZA, Talissa Gertrudes Namias Tocantins; BANDEIRA, Tatiane Priscila Bastos; OLIVEIRA, Thais Deise Tocantins Souza; MESQUITA, Karina Ferreira Castro; PEREIRA, José Almir Rodrigues; SANTOS, Maria de Lourdes Souza. Impacto urbano nas águas dos lagos Bolonha e Água Preta (Belém, Pará): um estudo de caso entre os anos de 2011 e 2022. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 17, n. 1, p. 428-445, 2024. Disponível em: . Acesso em: 26 de fevereiro de 2025

MIGUEL, Marcelo C.; SILVEIRA, Rogério Z. da. Sistema de informação contábil e tomada de decisão: um dilema que envolve a qualidade informacional nas organizações. REGRAD, UNIVEM/Marília-SP, v. 11, n. 1, p 129-147, agosto de 2018.



OLIVEIRA, Thais Deise Tocantins Souza de et al.. EUTROFIZAÇÃO DOS LAGOS BOLONHA E ÁGUA PRETA.. In: Anais do II conecta UFRA: bioeconomia. Anais...Belém(PA) UFRA, 2022. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/ii-conecta-ufra-bioeconomia-268119/566109-EUTROFIZACAO-DOS-LAGOS-BOLONHA-E-AGUA-PRETA>. Acesso em: 01/02/2025

SANTOS, Adrielle da Silva Oliveira dos; TEIXEIRA, Beatriz da Silva; NASCIMENTO, Stephany Rodrigues da Costa; ALVES, Rui Guilherme Cavaleiro de Macêdo. Manancial do Utinga: a urbanização do entorno e sua influência na eutrofização dos lagos Bolonha e Água Preta em Belém/PA. XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS, Disponível em: <link>. Acesso em: 26 de fevereiro de 2025.

SOUZA, Kelly Silva de. Formas de carbono nas águas superficiais dos lagos Bolonha e Água Preta (Belém - Pa - Brasil). Programa De Pós-Graduação Em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais. BELÉM. 2021. 54p.

