



VII-611 - AVALIAÇÃO DA ALTERAÇÃO HISTÓRICA E DOS RISCOS ASSOCIADOS À QUALIDADE DA ÁGUA DE MANANCIAIS LOCALIZADOS NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

Willian Figueiredo de Andrade⁽¹⁾

Estudante do Curso de Tecnologia em Saneamento Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA). Membro do Núcleo de Pesquisa em Saneamento Ambiental (NUPESA) do IFPA. Estagiário da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA).

Vanessa Souza Alvares de Mello

Técnica em Saneamento pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Pará (CEFET/PA). Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Especialista em Gestão de Saneamento em Áreas Urbanas pela UFPA. Mestre em Engenharia Civil pela UFPA. Professora efetiva do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA). Pesquisadora do NUPESA do IFPA.

Arthur Julio Arrais Barros

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela UFPA. Mestre e Doutorando em Engenharia Civil, área de concentração Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela UFPA. Engenheiro do quadro efetivo e Gerente da Unidade Executiva de Controle de Qualidade (UECQ) da COSANPA.

Letícia Souza dos Santos

Técnica em Saneamento pelo IFPA. Engenheira Ambiental e de Energias Renováveis pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). Mestre em Engenharia Química pela UFPA. Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia pela UFPA. Técnica Industrial do quadro efetivo e Gerente da Unidade Executiva de Produção (UEPRO) da COSANPA.

Endereço⁽¹⁾: Rua Dr. Américo Santa Rosa, 204 - São Brás - Belém - PA - CEP: 66.070-130 - Brasil – Tel.: (91) 8575-9407 - e-mail: andradewillian049@gmail.com

RESUMO

Considerando o desafio de garantia da potabilidade e segurança da água de mananciais, em especial da Amazônia brasileira, por meio da implementação de programas de gestão que visem à distribuição de uma água segura, este trabalho teve como objetivo geral avaliar a alteração da qualidade da água, no período de 2010 a 2023, como subsídio ao diagnóstico do Complexo Produtor Bolonha, por meio da sistematização de dados históricos de monitoramento dos principais mananciais utilizados pela empresa prestadora dos serviços públicos de abastecimento de água no município de Belém, visando à fase inicial da elaboração de instrumento de gestão de riscos associados à produção de água para fins de abastecimento humano. Tendo em vista a metodologia adotada, é um estudo de caso relacionado com o método de levantamento bibliográfico, de natureza quanti-qualitativa, para o atingimento dos objetivos propostos, dividida em três etapas metodológicas, sendo: revisão bibliográfica, levantamento de dados técnicos seguido da avaliação dos parâmetros de interesse. Como resultados se observou em relação ao parâmetro pH, que não necessariamente são indicativos de degradação antrópica considerando que os rios amazônicos possuem naturalmente valores de pH mais baixos em relação a outras regiões do país. Considerando os parâmetros de Cor e Turbidez se observa que, no ponto de monitoramento referente ao Rio Guamá, são superiores aos observados nos mananciais Água Preta e Bolonha, variando de um mínimo de 55 UC e 5,31 UT a um máximo de 525 UC e 131 UT na série histórica analisada. Já em relação a matéria orgânica, observa-se maiores concentrações no Rio Guamá e no Lago Água Preta em relação ao Lago Bolonha. Quanto às concentrações de Nitrato, identifica-se que todos os resultados estão enquadrados no limite de 10 mg/L estabelecido pela legislação vigente, entretanto, destaca-se o sensível incremento observado nos três corpos hídricos investigados no ano de 2023. Em relação ao parâmetro de Coliformes Totais e E. coli, identifica-se uma redução considerável nas concentrações observadas no Lago Água Preta em relação ao Rio Guamá. Por fim, o compilado dos parâmetros levantados permite observar a alteração da qualidade da água ao longo do tempo na área, além da inferência da intensificação do aporte de matéria orgânica, de microrganismos e de nutrientes; o que justifica a elaboração de instrumentos de gestão de riscos associados à produção de água no Complexo Produtor Bolonha, essenciais para a garantia da sustentabilidade e da segurança hídrica a longo prazo.



PALAVRAS-CHAVE: Abastecimento de água, mananciais, alteração da qualidade, região amazônica.

INTRODUÇÃO

O Comitê de Direitos Econômicos, Sociais e Culturais da Organização das Nações Unidas foi o primeiro organismo multilateral que previu o acesso à água suficiente, segura, aceitável, fisicamente acessível e a preços razoáveis para usos pessoais e domésticos como direito humano (CESCR, 2002).

Por sua vez, a Organização Mundial de Saúde estabelece que todas as pessoas, independentemente do estágio de desenvolvimento e/ou condição socioeconômica, têm o direito de ter acesso a um suprimento adequado de água potável e segura (Organização Pan-Americana de Saúde, 2011). De acordo com Souza (2008, p. 12), “Segura”, neste contexto, refere-se à oferta de água que não representa risco significativo à saúde, estando disponível em quantidade suficiente para atender todas as necessidades domésticas e que, complementarmente, estão disponíveis continuamente e que têm um custo acessível.

Nesta conjuntura, considerando a intensificação de fenômenos climáticos extremos e o crescimento acelerado da população brasileira ao longo das últimas décadas nos grandes centros urbanos (Ferreira; Kemenes, 2019; Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, 2016), garantir a potabilidade e a segurança da água captada, tratada e distribuída se torna um desafio para os atuais gestores públicos, prestadores de serviços de saneamento básico e demais atores sociais envolvidos no processo.

Portanto, como estratégia para se enfrentar tal desafio, faz-se necessária a adoção de programas de gestão abrangentes pelos responsáveis pela operação de SAAs e SACs para assegurar a distribuição de uma água intrinsecamente segura para a população (ABNT, 2023).

A implementação de programas de gestão visando à distribuição de uma água segura, desde a captação de água bruta até a distribuição da mesma após tratamento, perpassa necessariamente pelo desenvolvimento de ferramentas metodológicas de avaliação e gerenciamento de riscos sanitários, toxicológicos, microbiológicos e epidemiológicos associados aos SAAs, sendo tais ferramentas conceituadas pela OMS como Plano de Segurança da Água.

Portanto, como premissa à elaboração, implementação e avaliação de Plano de Segurança da Água, no presente trabalho foi realizada a avaliação a alteração da qualidade da água, no período de 2010 a 2023, como subsídio ao diagnóstico do Complexo Produtor Bolonha, por meio da sistematização de dados históricos de monitoramento dos principais mananciais utilizados pela empresa prestadora dos serviços públicos de abastecimento de água no município de Belém, visando à fase inicial da elaboração de instrumento de gestão de riscos associados à produção de água para fins de abastecimento humano no Complexo.

Este estudo foi realizado em três etapas metodológicas, a qual na primeira foi feita uma revisão bibliográfica, para fundamentação e contextualização do assunto, envolvendo o monitoramento dos mananciais do Complexo Produtor Bolonha. Já a segunda etapa foi o levantamento de dados técnicos, pela catalogação e digitalização de Laudos Laboratoriais referentes ao monitoramento qualitativo dos mananciais, entrada/saída da Estação de Tratamento de Água (ETA), disponibilizados pela COSANPA, e posterior migração para servidor em nuvem. E na terceira etapa foi realizada a avaliação dos parâmetros de interesse, com a construção e alimentação de banco de dados como subsídio à seleção de pontos, períodos e parâmetros de interesse, identificados na literatura técnica e/ou dos limites recomendados pela legislação aplicável – Resolução CONAMA n.º 357/2005, alterada pela Resolução CONAMA n.º 430/2011 e Portaria GM/MS n.º 888/2021.

A realização deste trabalho atendeu os critérios da Diretoria de Pós-Graduação, Pesquisa e Inovação (DPPI) do IFPA, por meio de Edital Institucional, e contou com a parceria e participação de integrantes do quadro técnico da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA).



MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa desenvolvida é um estudo de caso relacionado com o método de levantamento bibliográfico direcionado a temática abordada, que implica em um conjunto ordenado de procedimentos na busca por soluções, atento ao objeto de estudo, que não pode ser aleatório (Lima; Mito, 2007), de natureza quanti-qualitativa, para que sejam alcançados os objetivos propostos e se atinja a finalidade da mesma.

As três etapas deste estudo são descritas a seguir:

PRIMEIRA ETAPA: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Foi realizado um levantamento bibliográfico com o intuito de embasar o conhecimento necessário para a execução das ações da pesquisa, visando uma melhor visão no planejamento das atividades e do funcionamento que se deseja obter, com a consulta de artigos em periódicos científicos, base de dados acadêmicos, Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC), Dissertações de Mestrado, Teses de Doutorado, livros e/ou publicações técnicas, para fundamentação e contextualização do assunto dentro da grande área a qual está inserida a pesquisa, com a revisão bibliográfica envolvendo o monitoramento dos mananciais do Complexo Produtor Bolonha.

RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA

Os mananciais localizados no Parque Estadual do Utinga (PEUt), destacadamente o Rio Guamá e os Lagos Água Preta e Bolonha, foram escopo de uma série de trabalhos disponibilizados na literatura técnica e com distintos enfoques, citando-se a modelagem hidrodinâmica e o estudo morfológico dos Lagos realizada por Lima (2008), Holanda (2010) e Saraiva (2019). Além disso, Sodré (2007) estudou a hidroquímica dos Lagos, tendo o objetivo de estudar parâmetros abióticos para avaliar seu comportamento em relação à sazonalidade e à hidrologia nos Lagos, destacando as variáveis hidrológicas: vazões de entrada e saída dos lagos, precipitação pluviométrica, bem como a variação dos níveis e dos volumes de água.

Destaca-se como uma das principais referências utilizadas na presente pesquisa o trabalho de Silva *et al.* (2024), que objetivou a avaliação da qualidade das águas superficiais que abastecem a Região Metropolitana de Belém, por meio da aplicação de técnicas de análise multivariada, além do fornecimento de subsídios para a melhor gestão hídrica, pela interpretação estatística multivariada de parâmetros físico-químicos, microbiológicos e variações sazonais e temporais de águas superficiais, bem como o incentivo à criação de um plano de monitoramento capaz de fornecer uma estimativa representativa e confiável acerca de parâmetros de qualidade de água.

Além disso, outro trabalho que serviu como referência foi o de Gonçalves *et al.* (2016), que compila dados de monitoramento do Lago Bolonha analisando os riscos da poluição, tanto no ecossistema no Lago quanto ao Sistema de Abastecimento de Água metropolitano, destacadamente em relação à presença de cianobactérias nos referidos reservatórios; cuja presença é impactada pelo próprio ambiente lântico nos Lagos e pela competição natural por nutrientes com as macrófitas.

SEGUNDA ETAPA: LEVANTAMENTO DE DADOS TÉCNICOS

Para realização da segunda etapa foi feita a catalogação e digitalização de Laudos Laboratoriais referentes ao monitoramento qualitativo dos mananciais Rio Guamá, Lagos Água Preta e Bolonha, entrada/saída da Estação de Tratamento de Água (ETA) Bolonha e Canal do Yuna, disponibilizados pela COSANPA, com posterior migração das informações para servidor em nuvem.

RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA

Conforme previsto inicialmente, foram levantados e catalogados os Laudos Laboratoriais pertinentes ao monitoramento qualitativo mensal realizado pela COSANPA nos mananciais localizados no Complexo Produtor Bolonha, totalizando aproximadamente 650 (seiscentos e cinquenta) Laudos Laboratoriais com 17 (dezessete)



parâmetros cada, sendo nessa etapa definidos os parâmetros que seriam sistematizados para posterior avaliação mais detalhada, no caso, pH, Cor Aparente, Turbidez, Matéria Orgânica, Amônia, Coliformes Totais e Escherichia coli; em função do objetivo de diagnosticar o Complexo Produtor Bolonha com vistas à avaliação da alteração da qualidade da água no período de interesse.

Esses resultados foram organizados por meio do software Excel, sendo agregados por parâmetro, ponto monitorado e mês em que foi realizada a coleta. Na Figura 1 é apresentado o mapa de localização dos pontos monitorados:

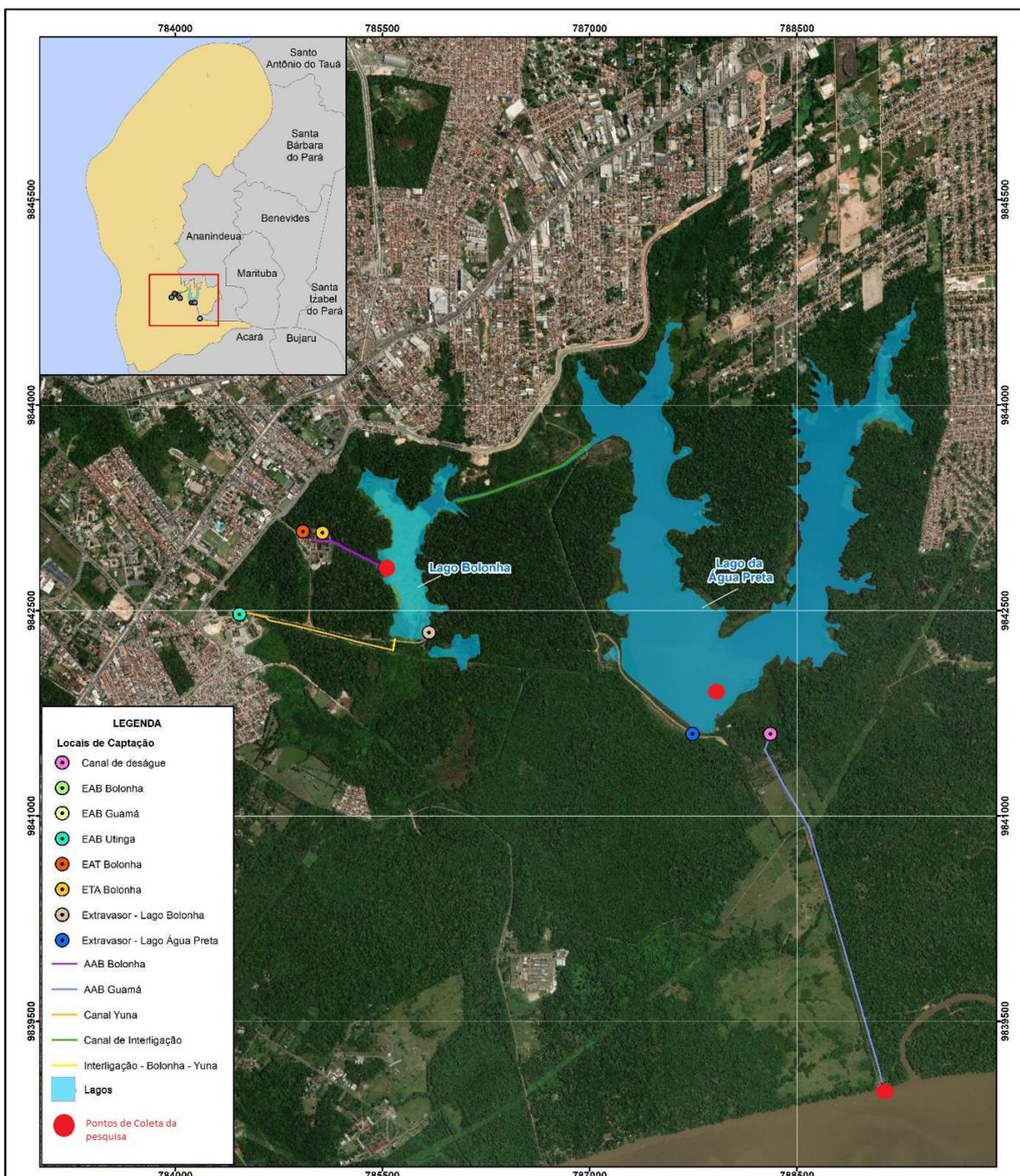


Figura 1: Mapa de localização dos pontos monitorados por este estudo.
Fonte: Adaptado de Plano Municipal de Saneamento Básico – Belém-PA, 2020.



TERCEIRA ETAPA: AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DE INTERESSE

Já na terceira etapa foi realizada a construção e alimentação de banco de dados como subsídio à seleção de pontos, períodos e parâmetros de interesse, possibilitando dessa forma a visualização de séries históricas e a realização de análises técnicas em função dos intervalos de referência a serem identificados na literatura técnica e/ou dos limites recomendados pela legislação aplicável – Resolução CONAMA n.º 357/2005, alterada pela Resolução CONAMA n.º 430/2011 e Portaria GM/MS n.º 888/2021.

RESULTADOS DA TERCEIRA ETAPA

Após sistematização dos dados referentes ao monitoramento histórico qualitativo dos mananciais que abastecem o Complexo Produtor Bolonha, realizou-se a aglutinação dos mesmos a partir da utilização de gráficos do tipo Diagrama de Caixa (*Box-Plot*), considerando os seguintes parâmetros de interesse: pH, Cor Aparente, Turbidez, Matéria Orgânica, Amônia, Coliformes Totais e E. coli, nos pontos monitorados apresentados a seguir: Rio Guamá, Lago Água Preta e Lago Bolonha e o período de levantamento de dados de 2010 à 2023. Na Figura 2, é apresentada por meio de gráficos a sistematização dos dados históricos referentes ao parâmetro pH, nos pontos monitorados.

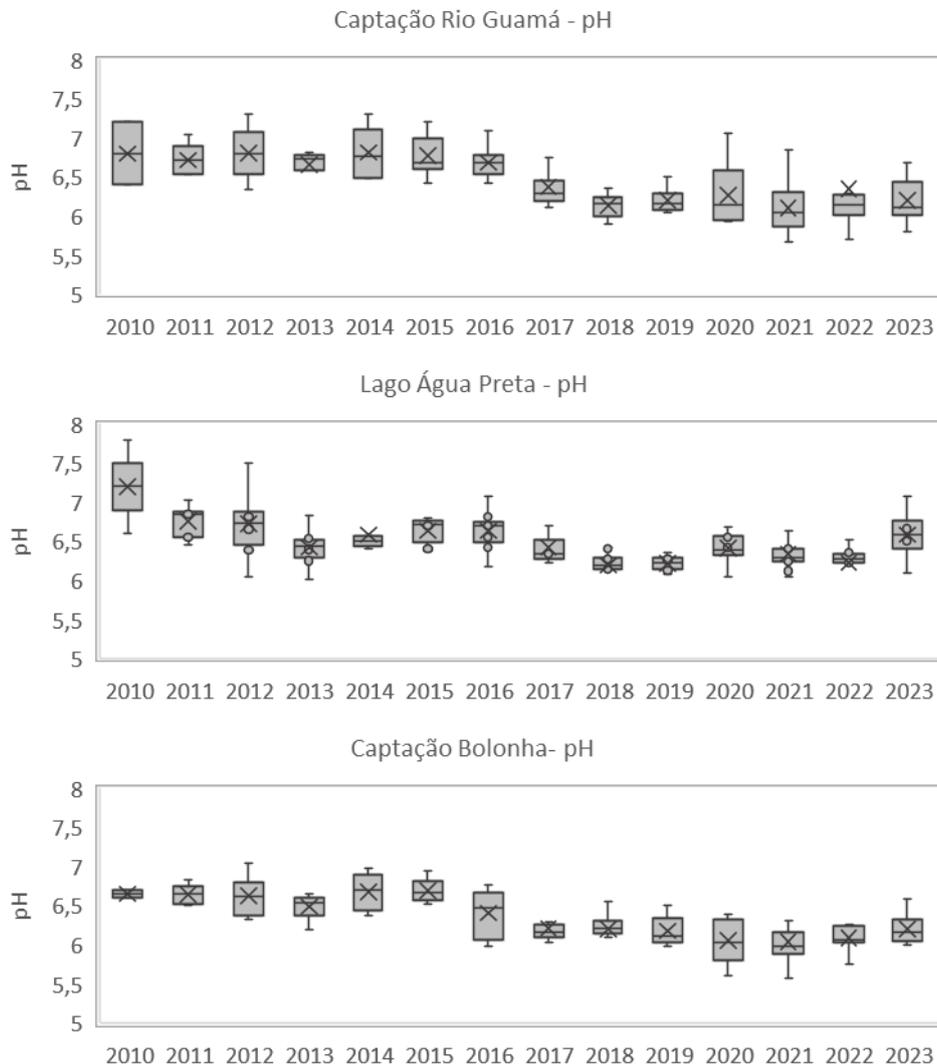


Figura 2: Dados históricos de monitoramento qualitativo do parâmetro pH no Rio Guamá e nos Lagos Água Preta e Bolonha, no período de 2010/2023.

Em relação ao parâmetro pH, apresentado na Figura 2 se observa comportamento análogo para os 3 (três) pontos levantados, com tendência de identificação de valores mais próximos da neutralidade na segunda metade do período considerado em detrimento de valores levemente básicos na primeira metade do período. Destaca-se que tais resultados não necessariamente são indicativos de degradação antrópica considerando que os rios amazônicos possuem naturalmente valores de pH mais baixos em relação a outras regiões do país (Costa; Piedade; Villamizar, 2013). Nas Figuras 3 e 4 é apresentada a sistematização dos dados históricos referentes aos parâmetros Cor Aparente e Turbidez.

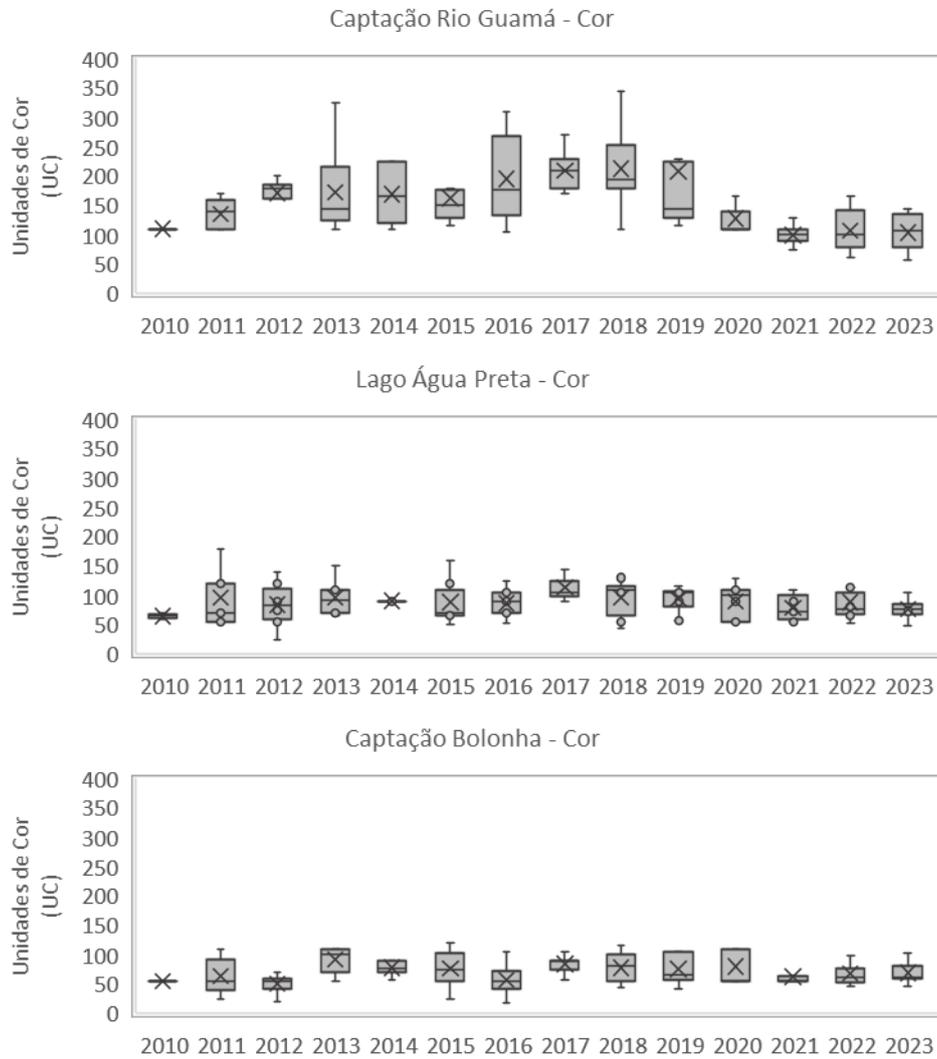


Figura 3: Dados históricos de monitoramento qualitativo do parâmetro Cor Aparente no Rio Guamá e nos Lagos Água Preta e Bolonha, no período de 2010/2023.

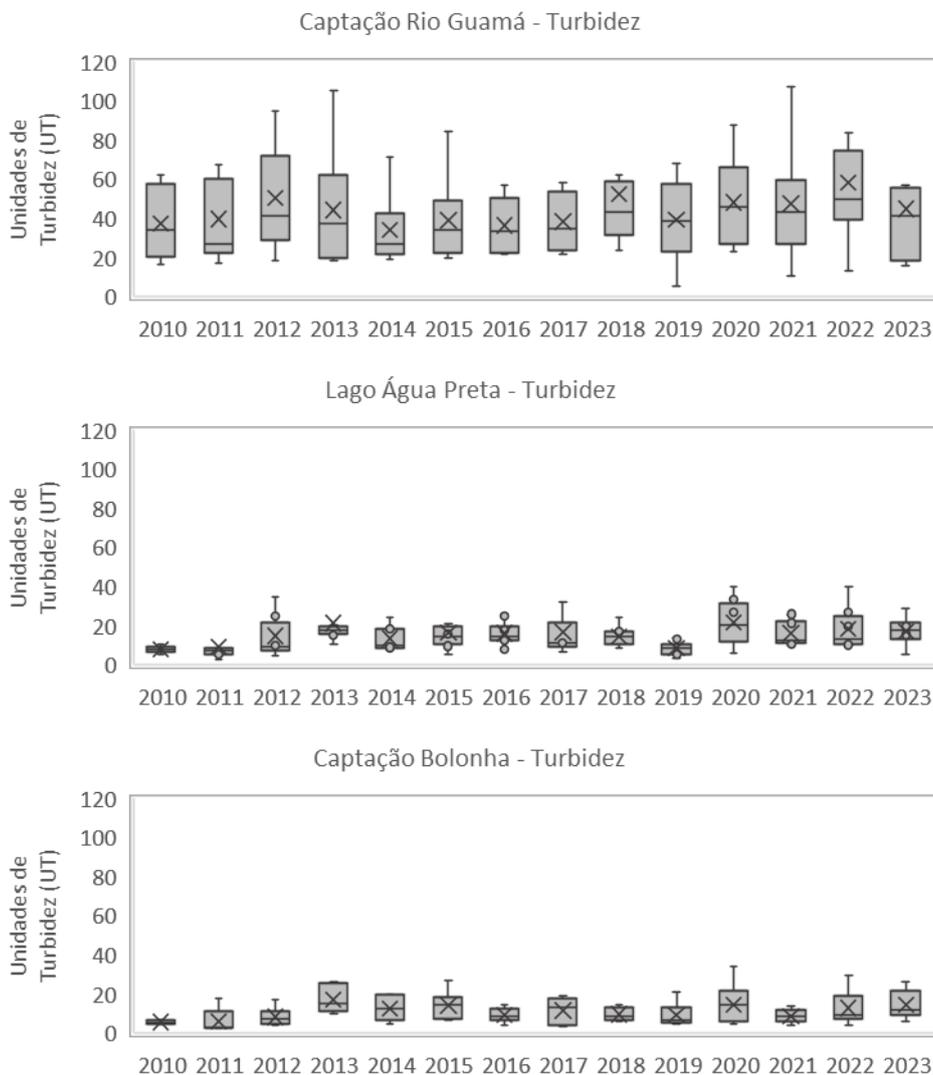


Figura 4: Dados históricos de monitoramento qualitativo do parâmetro Turbidez no Rio Guamá e nos Lagos Água Preta e Bolonha, no período de 2010/2023.

Os parâmetros de Cor e Turbidez, apresentados nas Figuras 3 e 4, respectivamente, são fundamentais para a operação das Estações de Tratamento de Água (ETAs) do Complexo Produtor Bolonha. Estes parâmetros fornecem indicações cruciais para a dosagem adequada de coagulantes, de modo a garantir que a água tratada atenda aos padrões estabelecidos pela legislação vigente. Alterações abruptas nos valores de Cor e Turbidez exigem ajustes na dosagem dos coagulantes.

Observa-se que, no ponto de monitoramento referente ao Rio Guamá, tanto os valores de Cor quanto os de Turbidez são superiores aos observados nos mananciais Água Preta e Bolonha, variando de um mínimo de 55 UC e 5,31 UT a um máximo de 525 UC e 131 UT na série histórica analisada.

A transferência de água bruta do Rio Guamá para os mananciais Água Preta e Bolonha tem demonstrado ser uma estratégia eficaz para a redução significativa desses parâmetros, sem a necessidade de adição de produtos químicos. Os mananciais atuam como decantadores naturais, promovendo uma redução substancial dos sedimentos presentes na água bruta. Na Figura 5, a seguir, segue a sistematização dos dados históricos referentes ao parâmetro Matéria Orgânica.

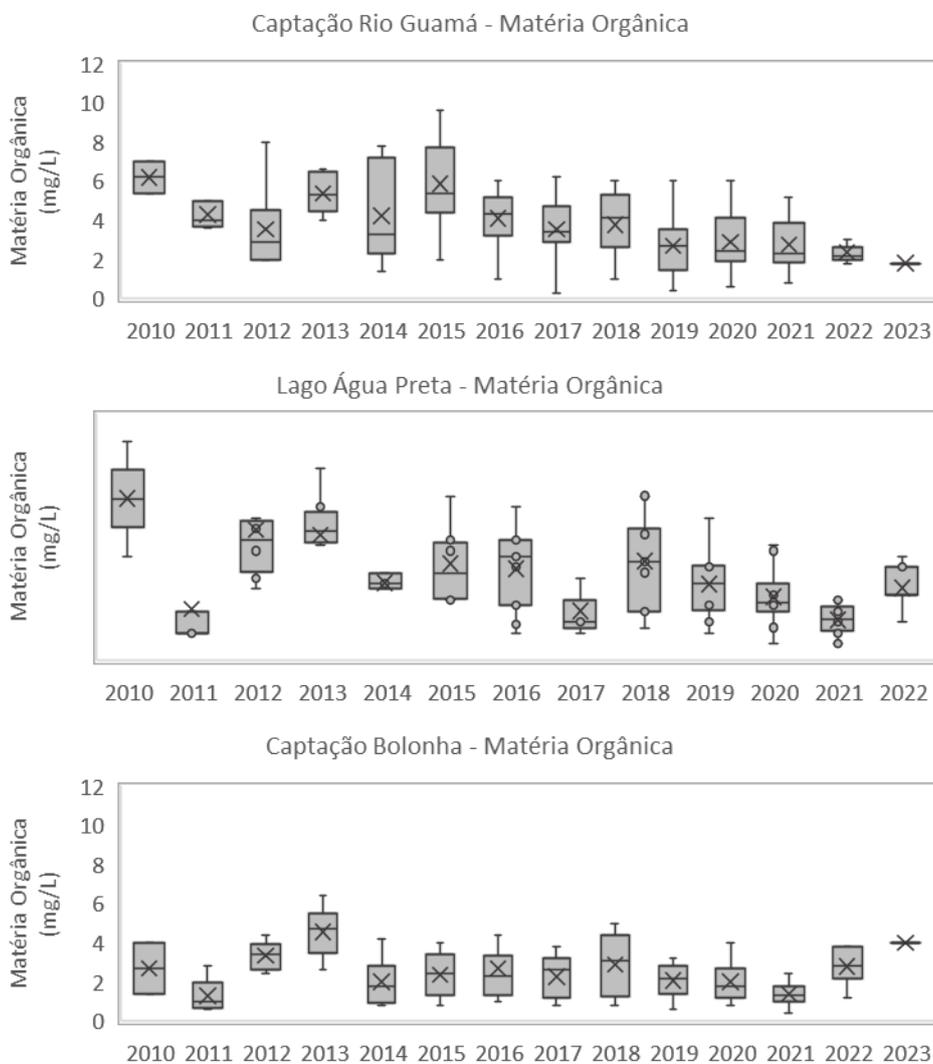


Figura 5: Dados históricos de monitoramento qualitativo do parâmetro Matéria Orgânica no Rio Guamá e nos Lagos Água Preta e Bolonha, no período de 2010/2023.

A matéria orgânica presente nos corpos hídricos é uma das principais causas da poluição das águas, destacadamente em função do consumo de oxigênio dissolvido pelos microrganismos associados às partículas suspensas. Os principais componentes orgânicos são os compostos proteicos, os carboidratos, as gorduras e os óleos, além da ureia, surfactantes, fenóis pesticidas e outros, em menor quantidade. Para a determinação desse parâmetro são utilizados métodos indiretos para a quantificação da matéria orgânica, como a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e a Demanda Química de Oxigênio (DQO).

Com base nos dados da Figura 5, observa-se maiores concentrações de matéria orgânica no Rio Guamá e no Lago Água Preta em relação ao Lago Bolonha, o que vai ao encontro do inicialmente esperado, considerando a sedimentação de partículas ao longo do caminho percorrido da Estação Elevatória de Água Bruta (EEAB) no Rio Guamá até a EEAB Bolonha. Entretanto, considerando o limite de $DBO_{5,20}$ a $20^{\circ}C$ para corpos hídricos enquadrados como Classe 2 de 5 mg/L de O_2 na Resolução CONAMA n.º 357/2005, alterada pela Resolução CONAMA n.º 430/2011, deve-se atentar para a ocorrência sistemática de valores acima dessa concentração limite nos três corpos hídricos investigados.



Na Figura 6, a seguir, segue a sistematização dos dados históricos referentes ao parâmetro Nitrato.

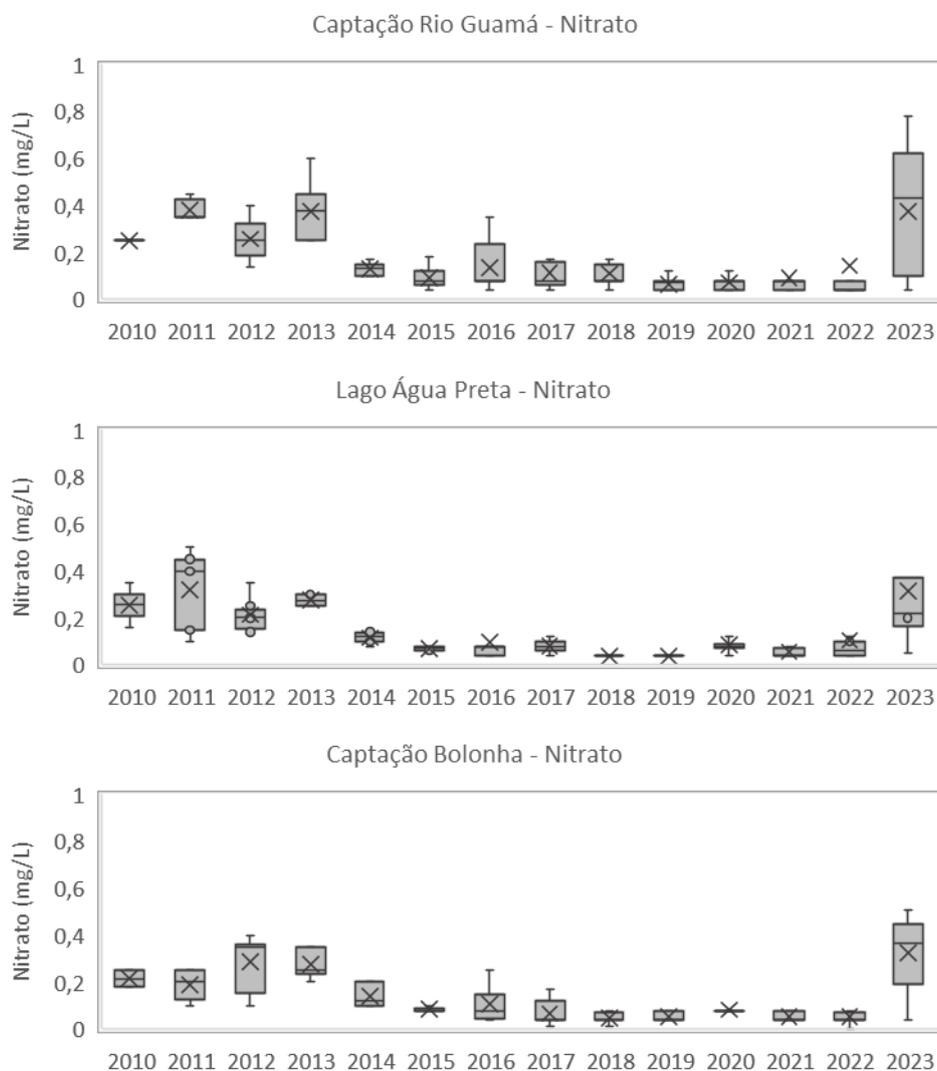


Figura 6: Dados históricos de monitoramento qualitativo do parâmetro Nitrato no Rio Guamá e nos Lagos Água Preta e Bolonha, no período de 2010/2023.

Quanto às concentrações de Nitrato sistematizadas na Figura 6, identifica-se que todos os resultados estão enquadrados no limite de 10 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 357/2005, alterada pela Resolução CONAMA n.º 430/2011, para corpos hídricos do tipo Classe 2; entretanto, destaca-se o sensível incremento observado para o referido parâmetro nos três corpos hídricos investigados no ano de 2023. Por sua vez, nas Figuras 7 e 8, segue a sistematização dos dados históricos referentes aos parâmetros Coliformes Totais e E. coli.

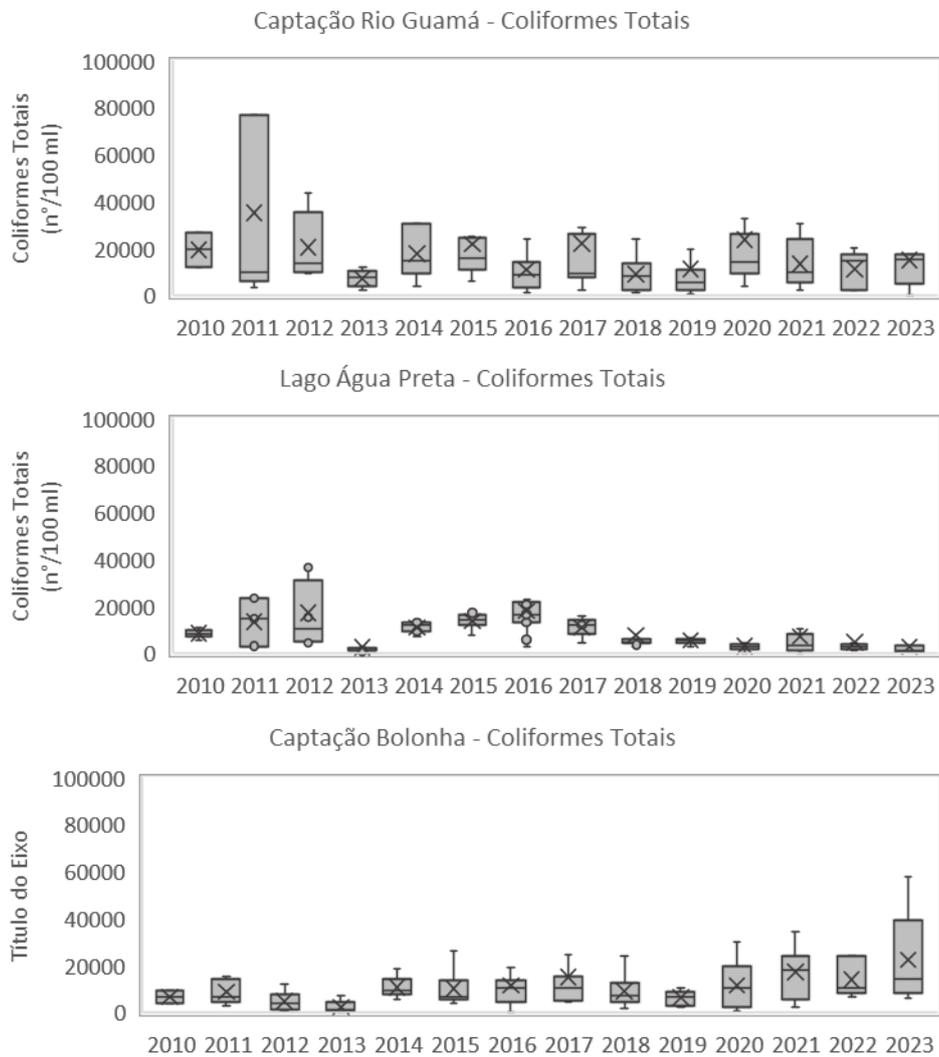


Figura 7: Dados históricos de monitoramento qualitativo do parâmetro Coliformes Totais no Rio Guamá e nos Lagos Água Preta e Bolonha, no período de 2010/2023.

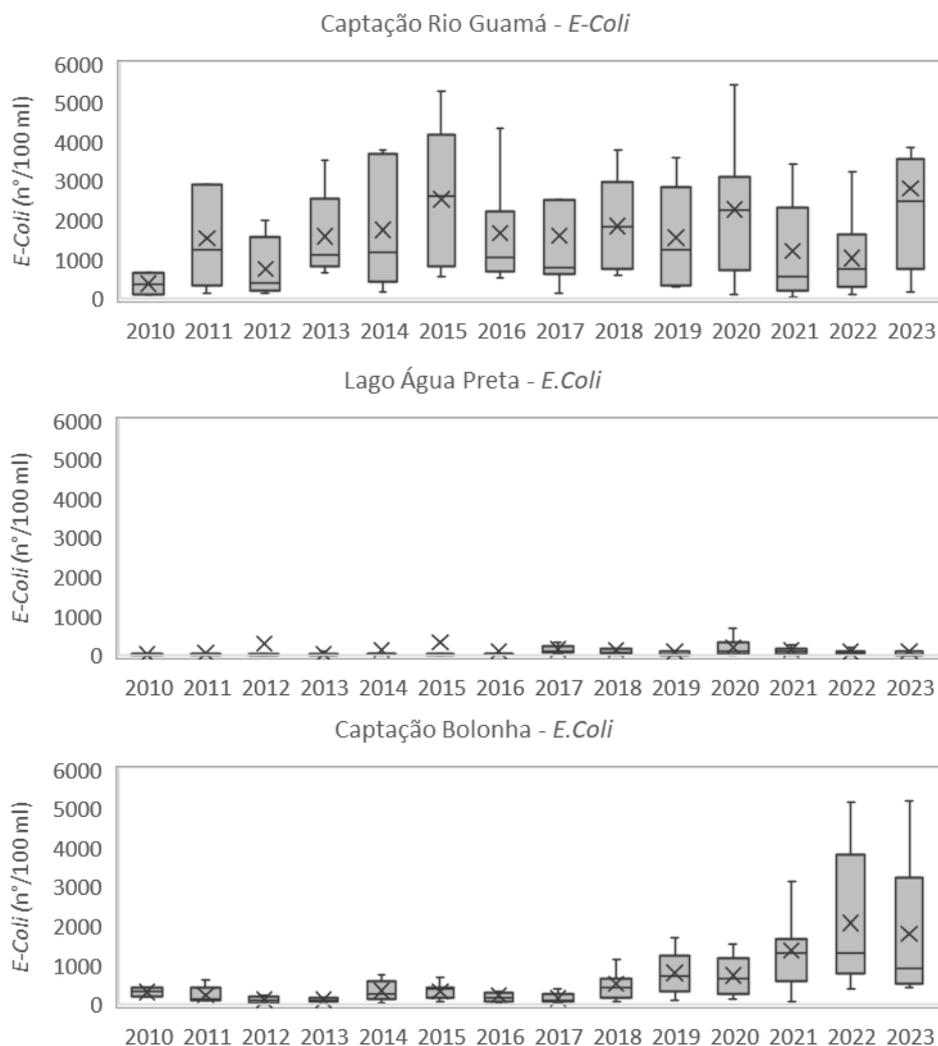


Figura 8: Dados históricos de monitoramento qualitativo do parâmetro Escherichia coli no Rio Guamá e nos Lagos Água Preta e Bolonha, no período de 2010/2023.

Em relação aos resultados obtidos no monitoramento histórico dos parâmetros Coliformes Totais e *E. coli* nos corpos hídricos localizados no Complexo Produtor Bolonha, identifica-se uma redução considerável nas concentrações observadas no Lago Água Preta em relação ao Rio Guamá; comportamento análogo ao observado para outros parâmetros anteriormente discutidos. Entretanto, observa-se considerável aporte nos resultados obtidos no Lago Bolonha, o que infere a existência de fontes poluidoras no perímetro do ponto de monitoramento.

Além disso, destaca-se a recorrência de concentrações de *E. coli* no Rio Guamá e no Lago Bolonha acima de 1.000 NMP/100 mL, o que deve resultar em média geométrica móvel no período de 12 (doze) meses consecutivos acima desse limite; o que, além de impactar no possível enquadramento a partir da Resolução CONAMA n.º 357/200, alterada pela Resolução CONAMA n.º 430/2011, demanda, de acordo com a Portaria GM/MS n.º 888/2021, o monitoramento complementar do parâmetro Esporos de Bactérias Aeróbias (EBA).



CONCLUSÕES

Com a realização do presente trabalho, concluiu-se que os mananciais localizados no PEUt foram escopo de uma série de trabalhos disponibilizados na literatura técnica e com distintos enfoques, sendo levantados e catalogados os Laudos Laboratoriais pertinentes ao monitoramento qualitativo mensal realizado pela concessionária nos mananciais de interesse, sendo destacados parâmetros para avaliação mais detalhada em função do objetivo de diagnosticar o Complexo Produtor Bolonha com vistas à avaliação da alteração da qualidade da água no período selecionado.

Após sistematização e aglutinação desses dados por meio da utilização de gráficos do tipo *Box-Plot*, foi possível identificar o comportamento dos parâmetros de interesse ao longo da série histórica selecionada, como, por exemplo, o do parâmetro pH; onde foi observado comportamento análogo para os três pontos levantados com tendência de identificação de valores mais próximos da neutralidade na segunda metade do período considerado em detrimento de valores levemente básicos na primeira metade do período. Destaca-se que tais resultados não necessariamente são indicativos de degradação antrópica.

Além disso, observou-se maiores concentrações de matéria orgânica no Rio Guamá e no Lago Água Preta em relação ao Lago Bolonha, o que vai ao encontro do inicialmente esperado; entretanto, considerando o limite de $DBO_{5,20}$ a 20°C para corpos hídricos enquadrados como Classe 2 de 5 mg/L de O_2 na Resolução CONAMA n.º 357/2005, alterada pela Resolução CONAMA n.º 430/2011, deve-se atentar para a ocorrência sistemática de valores acima dessa concentração limite nos três corpos hídricos investigados, o que pode resultar em proposta de enquadramento específico pelo órgão gestor de recursos hídricos, no caso, a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAs). Por sua vez, quanto às concentrações de Nitrato sistematizadas, identificou-se que todos os resultados estão enquadrados no limite estabelecido pela legislação aplicável; entretanto, destaca-se o sensível incremento observado para o referido parâmetro nos três corpos hídricos investigados no ano de 2023, o que pode ser indicativo de degradação antrópica.

Em relação aos resultados obtidos no monitoramento histórico dos parâmetros Coliformes Totais e *E. coli* nos mananciais investigados, identifica-se uma redução considerável nas concentrações observadas no Lago Água Preta em relação ao Rio Guamá; entretanto, observa-se considerável aporte nos resultados obtidos no Lago Bolonha, o que infere a existência de fontes poluidoras no perímetro do ponto de monitoramento, hipótese reiterada pela recorrência de concentrações de *E. coli* no Rio Guamá e no Lago Bolonha acima de 1.000 NMP/100 mL, o que deve resultar em média geométrica móvel no período de doze meses consecutivos acima desse limite.

Nesse sentido, após a sistematização de dados históricos de monitoramento de qualidade da água dos principais mananciais utilizados pela empresa pública prestadora dos serviços de abastecimento de água na Região Metropolitana de Belém, o compilado dos parâmetros levantados permite observar a alteração da qualidade da água ao longo do tempo na área estudada, bem como a inferência da intensificação do aporte de matéria orgânica, de microrganismos e de nutrientes nos corpos hídricos de interesse; o que justifica a elaboração de instrumentos de gestão de riscos associados à produção de água no Complexo Produtor Bolonha, no município de Belém do Pará, essenciais para a garantia da sustentabilidade e da segurança hídrica a longo prazo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Plano de Segurança da Água** – Princípios e Diretrizes para Elaboração e Implementação. 1. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.
2. CESCR – COMMITTEE ON ECONOMIC, S. A. C. R. **General Comment n.º 15**: Substantive Issues Arising in the Implementation of the International Covenant on Economic, Social and Cultural Rights. Geneva: United Nations, 29 nov. 2002.
3. COSTA, J. G.; PIEDADE, M. T. F.; VILLAMIZAR, E. A. R. **Compilação e Análise de Dados Relacionados à Físico-Química dos Principais Rios da Bacia Amazônica**. II Congresso de Iniciação Científica PIBIC INPA – CNPq/FAPEAM, Manaus/AM, 2013.



SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO
DE ENGENHARIA SANITÁRIA
E AMBIENTAL



4. FERREIRA, L. G. C.; KEMENES, A. Influência Histórica (1998-2016) dos Parâmetros Globais e Regionais sobre os Reservatórios do Interior do Nordeste. **Revista Brasileira de Climatologia (Impresso)**, v. 25, 2019.
5. GONÇALVES, P. C; CARLA, G. M; SANTOS P.; ARAÚJO F.; MELO, S. **Cianobactérias em um Reservatório de Abastecimento de Água**: Estudo de caso no Lago Bolonha, Belém, Pará, Brasil. 10º Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental Seção Rio Grande do Sul (ABES/RS).
6. HOLANDA, P. S. **Modelagem Hidrodinâmica e Estudo Morfológico do Lago Água Preta**: um dos mananciais da Grande Belém. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2010. 75 p.
7. LIMA, N. S. **Modelagem Hidrodinâmica e Análise Morfológica do Lago Bolonha**: um dos mananciais da Grande Belém. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2008. 110 p.
8. LIMA, T. C. S.; MIOTO, R. C. T. Procedimentos Metodológicos na Construção do Conhecimento Científico: a Pesquisa Bibliográfica. **Rev. Katál**, Florianópolis/SC, v. 10, n. esp., p. 37-45, 2007.
9. ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE. **Água e Saúde**. Disponível em: <http://www.opas.org.br/ambiente/UploadArq/água.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2023.
10. PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **Impacto, Vulnerabilidade e Adaptação das Cidades Costeiras Brasileiras às Mudanças Climáticas**: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Rio de Janeiro: COPPE - UFRJ, 2016.
11. PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO-BELÉM/PA. **Volume II – Sistema de Abastecimento de Água**. UCP-PROMABEN. Novembro, 2020.
12. SARAIVA, B. C. C. **Modelagem Hidrodinâmica, Análise e Simulação Computacional dos Lagos Bolonha e Água Preta**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2019. 51 p.
13. SILVA, J. A. de A. *et al.* Avaliação Multivariada da Qualidade das Águas Superficiais e Água Final de Abastecimento Público de Belém, Pará, Brasil. **Química Nova**, v. 47, n. 6, p. e-20240013, 2024.
14. SODRÉ, S. S. V. **Hidrodinâmica dos Lagos Bolonha e Água Preta, mananciais de Belém – Pará**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2007. 115 p.
15. SOUZA, R. M. G. L. **Princípios e Métodos Utilizados em Segurança da Água para Consumo Humano**. 2008. 54 f. Monografia (Especialização em Perícia e Auditoria Ambiental) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Ambientais, São Paulo, 2008.