

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM ECOSISTEMAS AQUÁTICOS PARAENSES

Maria Valdelene da Silva Araújo^{1*}

Gessy Elma dos Santos Laranjeira^{2*}

Leonardo Santos Andrade^{3*}

Resumo: Os ecossistemas aquáticos do Pará compõem grandes e complexas redes hidrográficas, os quais incluem rios, igarapés, lagos e áreas de várzea. Os rios amazônicos apresentam características físico-químicas distintas, sendo classificadas como águas brancas, águas negras e águas claras. Essas características estão diretamente relacionadas aos ciclos hidrológicos, que influenciam parâmetros como oxigênio dissolvido (OD), turbidez, nutrientes e coliformes. Compreender essas variações é essencial para o monitoramento ambiental e a gestão sustentável dos recursos hídricos. Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo analisar a influência da sazonalidade regional na qualidade da água em ecossistemas aquáticos paraenses, por meio de uma revisão bibliográfica sistemática. As buscas foram realizadas em bases de dados científicas como *Google Scholar*, *SciELO*, *CAPEC* e *SCOPUS*, com recorte temporal de 2015 a 2025. A análise permitiu identificar padrões de variação dos parâmetros e qualidade da água em diferentes períodos sazonais, destacando a importância da época de amostragem na obtenção de dados representativos. Espera-se que os resultados encontrados possam contribuir para estratégias de gestão mais eficazes, voltadas à conservação dos ambientes aquáticos e à segurança hídrica regional. Essa abordagem é fundamental para a área de engenharia ambiental na Amazônia, onde os regimes hidrológicos exercem forte influência sobre a dinâmica dos ecossistemas.

Palavras-chave: Qualidade da água, ecossistema aquático, sazonalidade.

INTRODUÇÃO

A percepção histórica de que a água é um recurso infinito e autossustentável se desfez diante da degradação acelerada dos recursos hídricos, crescimento populacional e da crise de qualidade da água. Associado a isto, a gestão ineficaz diante deste cenário transformou a problemática da qualidade da água em um dos maiores obstáculos socioambientais e de governança para a sociedade contemporânea (Silva; El Robrini; Freitas, 2023).

As mudanças sazonais exercem influência significativa sobre os ecossistemas aquáticos paraenses, caracterizados por elevada sensibilidade às pressões ambientais. Desse modo, durante a estiagem, há maior concentração de poluentes

^{1*} Instituto de Química/UFCAT: mariavaldelene10@gmail.com;

^{2*} Instituto de Química/UFCAT: gessylaranjeira@gmail.com

^{3*} Instituto de Química/UFCAT: ls_andrade@ufcat.edu.br

em função da redução do volume hídrico, enquanto que no período chuvoso ocorre a dispersão desses contaminantes ao longo dos corpos d'água, ampliando sua área de impacto (Moura *et al.*, 2021).

O regime das águas é o principal agente geográfico da Amazônia, impondo rumos e tendências a toda a região. Este vasto sistema fluvial é caracterizado por intensas variações sazonais que fazem parte da sua dinâmica ecológica, alternando-se entre cheias (enchentes) e secas (vazantes). Os estuários, nesse contexto, desempenham papel estratégico como áreas de transição entre ambientes fluviais e marinhos, apresentando elevada heterogeneidade e sensibilidade às variações sazonais (Assayag *et al.*, 2024).

A dinâmica das zonas costeiras, que funcionam como interface entre os ambientes terrestre e marinho, apresenta elevada sensibilidade às variações sazonais do clima. O regime de chuvas constitui um fator central na determinação da qualidade da água. Os estuários, caracterizados por sua heterogeneidade ecológica e vulnerabilidade, sofrem influência direta tanto da variação do aporte fluvial quanto da intrusão marinha (Alencar *et al.*, 2019).

Este trabalho se justifica pela necessidade de compreender a interação entre fatores naturais e antrópicos na qualidade da água no estado do Pará. A revisão bibliográfica permitiu identificar padrões de variação dos parâmetros de qualidade da água (como OD, turbidez, nutrientes e coliformes) em função dos ciclos hidrológicos, o que é fundamental para um monitoramento e gestão ambiental mais eficazes. Além disso, a análise contribuirá para destacar a importância da época de amostragem na obtenção de resultados representativos, um aspecto crucial para a área de engenharia ambiental na Amazônia. Portanto, o objetivo do trabalho está focado na análise da influência da sazonalidade regional na avaliação dos parâmetros de qualidade da água em ecossistemas aquáticos no estado do Pará.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os Ecossistemas Aquáticos Amazônicos e sua Dinâmica Hídrica

O ecossistema aquático paraense possui elevada complexidade, integrando extensas redes de ambientes de água doce (rios, lagos e zonas úmidas), além de ecossistemas costeiros e marinhos (manguezais e estuários). Essa heterogeneidade

(variedade) garante uma grande diversidade de espécies, influenciada por fatores naturais como a salinidade da água, o movimento das correntes e a profundidade da coluna de água (Capon, 2020).

O principal motor das chuvas na região nordeste paraense é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), o qual é um cinturão de baixa pressão que transporta umidade e um dos principais impulsionadores pluviométrico, além dos fenômenos El Niño e La Niña. Os quais atuam como reguladores que podem intensificar ou diminuir a precipitação (Costa *et al.*, 2021).

As águas negras têm coloração escura resultante da dissolução de matéria orgânica proveniente da decomposição de matéria orgânica da vegetação em decomposição. Já as águas brancas têm cor barrenta devido à grande quantidade de sedimentos causados pela forte erosão e as águas claras caracterizam-se pela transparência e tonalidade mais esverdeada com baixos sedimentos (Silva & Sá 2019).

As águas claras são caracterizadas por uma carga de sedimentos suspensos muito baixos e com menor concentração de nutrientes dissolvidos, as quais se assemelham às águas pretas. E esse ambiente transparente observado em águas claras é representativo de áreas como as margens e a foz do Rio Tapajós (Junk *et al.*, 2024).

No âmbito da gestão estadual, o estado do Pará conta com um sistema de monitoramento hidrológico coordenado pela sala de situação da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS/PA), que acompanha rios de grande relevância, como Amazonas, Tapajós, Xingu, Tocantins e Araguaia, produzindo boletins diários sobre sua dinâmica, ou seja, o acompanhamento é fundamental para compreender as variações sazonais que influenciam diretamente a qualidade da água nos ecossistemas aquáticos paraenses (Pará, 2021).

Na Amazônia observa-se um fenômeno hidrológico natural conhecido como o ciclo das cheias e vazantes. Esse ciclo que tradicionalmente alterna entre períodos de inundações (cheia) e vazantes (seca), tem tido alterações significativas em sua periodicidade e intensidade devido às mudanças climáticas (Assayag *et al.*, 2024).

A qualidade hídrica e a saúde do ecossistema são vulneráveis à sazonalidade climática, onde as grandes variações no nível das águas, que podem chegar a

vários metros, alteram drasticamente as condições físico-químicas e afetam a integridade da floresta (Ferreira; Lima; Gomes, 2023).

Diante da vulnerabilidade climática, a preservação das planícies aluviais (várzeas) emerge como uma meta central na conservação amazônica, visto que viabiliza serviços ecossistêmicos vitais indispensáveis, além de influenciar na biogeoquímica andina. Entretanto, a integridade dessas áreas depende da conectividade fluvial, severamente ameaçada pela fragmentação causada por obras como as hidrelétricas (Anderson *et al.*, 2022).

A várzea (planície de inundação de rios de água barrenta) domina, sendo a floresta sazonal de várzea a mais extensa em áreas alagadas por água doce a montante. Embora estas florestas não sejam tão diversas quanto às de terra firme, elas são consideradas as mais diversas entre as florestas alagadas globais, com muitas espécies restritas a esses ambientes (Barthem; Goulding; Venticinque, 2024).

Os fatores determinantes e mais importantes que influenciam a dinâmica estuarina estão relacionados à sensibilidade climática e elevada complexidade, em decorrência de mudanças constantes neste ambiente. Em razão disso, por se caracterizarem como zonas costeiras, estão sob forte influência marítima e fluvial, bem como a influência de fatores antrópicos e efeitos meteorológicos que acarretam a alteração da qualidade da água (Alencar *et al.*, 2019).

A estiagem é definida como um período de seca sazonal característico da Amazônia, decorrente da redução significativa das chuvas, ou seja, a vazante. Esta alternância entre cheia (chuvosa) e vazante (seca), está se intensificando atualmente. Nesse aspecto, tais mudanças afetam a navegabilidade de rios, transporte de insumos vitais e dificulta o acesso a serviços básicos de saúde e consequentemente, isolam as comunidades (Assayag *et al.*, 2024).

Esta variação sazonal reforça o seu papel fundamental que acaba influenciando as características físico-químicas que definem cada tipo de água. Nas águas pretas, o pH notavelmente baixo decorre da lixiviação provenientes da decomposição da vegetação das margens da qual esse processo é maximizado no período chuvoso, quando há maior escoamento superficial que transporta carga orgânica como é observado por exemplo em ambiente como o rio Barcarena (Simão, *et al.*, 2025).

Qualidade da Água: Conceitos e Parâmetros de Avaliação

O monitoramento da qualidade da água no estado do Pará passa por uma transição técnica, marcada pela ampliação dos parâmetros avaliados e pela consolidação de uma rede estadual. Tal avanço permite identificar com maior precisão os níveis de degradação e oferece subsídios essenciais para políticas públicas de gestão integrada dos recursos hídricos (Pará, 2020).

A adequação da qualidade da água faz-se necessária para diferentes finalidades, as quais são reguladas por normas específicas para o consumo humano como os padrões de potabilidade que inclui os parâmetros físico-químicos e biológicos que são regidos pela portaria GM/MS N° 88/2021 (Brasil, 2021).

Por outro lado, para a proteção dos ecossistemas aquáticos, como por exemplo, os rios e lagos, os critérios de qualidade são estabelecidos pela Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) que classifica os corpos de água e estabelece limites para sua preservação ecológica. (Brasil, 2005).

Dentre os parâmetros monitorados por estas normas, alguns são diretamente afetados pela sazonalidade, como a turbidez, um parâmetro físico essencial para avaliar a qualidade e potabilidade da água, pois mede quanto à água perde de transparência devido à presença de partículas sólidas em suspensão (Falcade, Mannich e Colombo, 2017).

Além disso, o carreamento de elevadas concentrações de sedimentos e matéria orgânica para os corpos hídricos provoca uma dupla alteração no ambiente aquático. O primeiro efeito é a mudança na coloração da água e em segundo, ocorre a redução de luz na coluna d'água. Essa diminuição da luminosidade impacta diretamente a produtividade primária e a visibilidade, o que afeta todo o ecossistema aquático (Barthem; Goulding; Venticinque, 2024).

O potencial hidrogeniônico (pH) é um parâmetro fundamental que avalia as características químicas de uma amostra de água e que a classifica como ácida, neutra ou alcalina, sendo este parâmetro relevante para caracterização química de ambientes aquáticos (Sousa, *et al.* 2021). Além disso, influencia diretamente a solubilidade, a toxicidade e a biodisponibilidade de diversos compostos e metais, afetando, assim, os processos biológicos e a sobrevivência da biota aquática (Moura *et al.*, 2021).

A elevação da turbidez e do pH na água, são características determinadas pelo tipo de solo e rocha da bacia hidrográfica. Estes ficam mais evidentes no período da chuva quando a erosão carrega mais sedimentos para o corpo d'água, revelando-se ser uma característica natural das chamadas águas brancas (Costa *et al.*, 2021).

A alcalinidade é definida como a propriedade da água de neutralizar ácidos. Isso significa que a água alcalina atua como um tampão, resistindo a grandes variações de pH quando ácidos são adicionados. A capacidade de neutralização está diretamente associada à presença de íons com caráter básico na água (Paraense, 2019).

Fontes de Pressão e Impactos Antrópicos sobre a Qualidade da Água no estado do Pará

A qualidade das águas superficiais no Pará decorre da interação entre fatores naturais e pressões humanas. Na sub-bacia do Rio Guamá, os condicionantes geoambientais e climáticos, somados ao uso do solo, intensificam a vulnerabilidade hídrica diante da urbanização e da variabilidade da precipitação. Essa dinâmica mostra que os ecossistemas aquáticos não podem ser avaliados apenas por parâmetros físico-químicos, exigindo uma abordagem integrada capaz de revelar os riscos ambientais e sociais da degradação (Barbosa, 2020).

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) apresenta dados que revelam que apenas 9,2% da população paraense possui acesso à coleta de esgoto e que 8,7% do efluente gerado passa por tratamento no estado do Pará (SNIS, 2023). A ausência de saneamento básico adequado traz problemas e ameaça a saúde pública, pois uma vez que o lançamento de efluentes não tratados compromete diretamente a qualidade da água em rios e mananciais (Albuquerque, 2025).

Um exemplo claro desse impacto pode ser observado no Rio Guamá, em Belém-PA, onde estudos de monitoramento detectaram níveis elevados de fósforo e um ambiente aquático eutrofizado, fatores estes que apontam contaminação por esgoto doméstico que piora na qualidade da água do rio destinado ao abastecimento de água (Varela *et al.*, 2020).

O relatório de monitoramento do Rio Cateté, localizado no sudeste do estado do Pará, revela uma situação grave envolvendo atividade mineradora que está atingindo diretamente o povo indígena Xikrin. De acordo com Paiva (2020), os impactos ocasionados por efluentes da mina acabaram contaminando o rio por metais tóxicos, como chumbo, mercúrio, alumínio, além de altas concentrações de manganês, ferro, níquel e silício, que tornam a água do rio prejudicial à saúde humana além de impactar diretamente a qualidade da água e do ecossistema aquático (Paiva, 2020).

Além dos impactos da mineração regulada, o garimpo ilegal constitui uma pressão antrópica de grande escala na região com efeitos diretos sobre os corpos hídricos. No Rio Tapajós, por exemplo, estudos mostram que esta atividade causa o aumento de sedimentos e turbidez na água, um impacto rápido e local comparado às mudanças climáticas em larga escala da qual também libera mercúrio assim contaminando a água e prejudicando a vida aquática (Sousa *et al.*, 2024).

Os efeitos da pressão antrópica manifestados pelo lançamento de efluentes domésticos, uso irregular do solo e modificação no canal do rio prejudica a qualidade da água. Embora elementos como o ferro e o manganês possuam origem natural, a dinâmica das chuvas e marés pode potencializar o transporte desses metais para a água podendo ultrapassar os padrões legais, tal como demonstrado em estudo realizado no canal do Maguari-Açu (Vasconcelos Junior *et al.*, 2025).

A degradação da qualidade da água, impulsionada principalmente pelas pressões antrópicas (desmatamento, esgoto, indústria), gera graves conflitos de usos múltiplos. Com isso, o gerenciamento inadequado desses impactos, frente às múltiplas demandas sociais, é a causa central dos conflitos de uso e da dificuldade em manter a qualidade dos recursos hídricos no contexto paraense (Batista *et al.*, 2022).

A análise integrada dos dados indica que a qualidade hídrica no Pará é fortemente condicionada pela interação entre o crescimento urbano desordenado e a dinâmica climática regional. A ausência de saneamento básico nos centros urbanos gera elevados índices de poluição, agravados pela sazonalidade, em que o período chuvoso intensifica o transporte de resíduos. Isto evidencia a vulnerabilidade das áreas úmidas amazônicas diante das pressões antrópicas crescentes (Pará, 2020).

MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa adota o método de revisão bibliográfica, caracterizado por uma abordagem qualitativa e descritiva, com o objetivo primário de sintetizar e analisar a produção científica publicada sobre a qualidade da água em ecossistemas aquáticos no estado do Pará. Essa pesquisa visa construir um panorama consolidado do conhecimento existente e das tendências de pesquisa na região.

A pesquisa foi conduzida da seguinte forma: i) definição de Estratégias de Busca; ii) aplicação de critérios de seleção e iii) extração e análise de dados. Para a coleta de dados, foram identificados descritores (palavras-chave) relevantes. As buscas foram realizadas em bases de dados científicas de abrangência nacional e internacional, incluindo *Google Scholar*, *SciELO*, Portal de Periódicos CAPES e *Web of Science*. O recorte temporal para a seleção dos artigos foi rigorosamente estabelecido no período de 2015 a 2025 para assegurar a contemporaneidade das publicações analisadas.

Para garantir a relevância e a pertinência do material selecionado, foram estabelecidos critérios de inclusão e exclusão. Foram incluídos apenas estudos relacionados à qualidade da água (medição de parâmetros físico-químicos, biológicos ou químicos) e situados geograficamente em ecossistemas aquáticos do estado do Pará. A aplicação desses critérios permitiu a filtragem inicial dos resultados e o direcionamento da análise para documentos pertinentes ao tema.

O material selecionado foi submetido a uma leitura exploratória (títulos e resumos) e, posteriormente, à leitura na íntegra para a extração e sistematização dos dados. As informações relevantes foram organizadas em uma planilha eletrônica com os seguintes campos: autores, ano de publicação, periódico/evento, tipo de ecossistema, bacia hidrográfica, principais parâmetros limnológicos avaliados e principais impactos antrópicos identificados.

A análise dos dados foi de caráter descritivo, utilizando a frequência para ilustrar o panorama. Foram elaborados quadros para demonstrar a distribuição dos estudos por bacias e a diversidade de parâmetros. A síntese final do estudo buscou construir um panorama crítico do conhecimento científico, destacando as áreas geográficas e temáticas mais pesquisadas. O trabalho tem como contribuição, portanto, identificar as lacunas existentes na literatura, fornecendo diretrizes para

futuras investigações e orientando as práticas de gestão de recursos hídricos na região do estado do Pará.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Panorama Geral das publicações

Nesta seção, apresentam-se os resultados obtidos a partir da revisão sistemática da literatura sobre a qualidade da água do estado do Pará entre 2015 e 2025. Após a aplicação dos critérios de seleção definidos na metodologia, obteve-se o seguinte panorama de publicações, sintetizado na Tabela 1, que reúne as principais categorias de análise, perfil dos dados encontrados e distribuição temporal das pesquisas.

Tabela 1. Caracterização da pesquisa.

Categoria de Análise	Perfil dos Dados Encontrados
Total de Documentos	24 documentos encontrados
Período de Maior Produção	2021-2025 (representando aproximadamente 71% da amostra)
Bases de Dados Predominantes	SciELO, Google Acadêmico, Repositórios Institucionais (Museu Goeldi), Periódicos de livre acesso (RSD, RIACA, REGA), Relatórios Institucionais Governamentais (SEMAS) e Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e Ministério da Saúde.
Bacias Hidrográficas Frequentes	Bacia do Rio Guamá/Baía do Guajará, Bacia do Tapajós, Bacia do Tocantins (Tucuruí) e Estuário Amazônico.
Principais Temáticas	Influência da sazonalidade (chuva/seca), impactos do saneamento precário, poluição por metais pesados (mineração/garimpo) e conformidade com padrões de potabilidade (Portaria 888/21) e enquadramento de corpos d'água (CONAMA 357/05).

Fonte: Autores (2026).

A seguir, na Tabela 2, são apresentados os estudos selecionados e suas principais características, incluindo autores, periódicos, bacias hidrográficas analisadas, parâmetros avaliados e impactos identificados. Essa sistematização

permite observar padrões recorrentes e lacunas na produção científica sobre a qualidade da água no estado do Pará.

Tabela 2. Sistematização dos dados extraídos da revisão bibliográfica sobre a qualidade da água no Pará (2015-2025)

Autor(es) e Ano	Periódico / Evento	Bacia Hidrográfica	Ecosistema	Principais Parâmetros Avaliados	Principais Impactos
ALENCAR <i>et al.</i> (2019)	Revista Brasileira de Geografia Física	Baía do Guajará (Belém)	Estuário/Baía	pH, Temperatura, Turbidez, Condutividade Elétrica e Sólidos Suspensos.	Sazonalidade e (precipitação intensa) e influência das marés na dinâmica de poluentes.
ALBUQUERQUE (2025)	Research, Society and Development	Geral (Perspectiva Nacional/Amazônica)	Sistemas Hídricos Urbanos	Indicadores de saneamento e perfis epidemiológicos.	Processo de adoecimento da população devido à exposição a águas contaminadas e carência de infraestrutura sanitária
ANDERSON <i>et al.</i> (2022)	Wildlife Conservation Society (Livro/Relatório)	Bacia Amazônica (Regional)	Ecosistemas Aquáticos e Áreas Alagáveis	Integridade ecológica, conectividade fluvial e biodiversidade.	Grandes infraestruturas (hidrelétricas), desmatamento e mudanças no uso do solo.
ASSAYAG <i>et al.</i> (2024)	International Journal of Development Research	Rios Amazônicos (Geral)	Sistemas Fluviais	Ciclo hidrológico (nível da água) e dinâmica de vazante/enchente.	Alterações climáticas, eventos extremos de estiagem e impactos no transporte de sedimentos

BARTHEM <i>et al.</i> (2024)	Atlas do Estuário Amazônico (Museu Emílio Goeldi)	Estuário Amazônico/Foz dos Rios (Amazônia Oriental)	Estuário, Várzeas e Manguezais	Hidrodinâmica estuarina, salinidade e conectividade biológica.	Urbanização desordenada, grandes empreendimentos e mudanças climáticas globais.
BARBOSA (2020)	Dissertação (UFPA)	Sub-bacia do Rio Guamá (Nordeste Paraense)	Bacia Hidrográfica / Rios	Aspectos geoambientais pluviometria e variáveis climáticas.	Relação entre o uso do solo e a variabilidade climática na resposta hidrológica da bacia.
BATISTA <i>et al.</i> (2022)	Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais	Microbacia Periurbana (Santarém)	Rio/Igarapé Superficial	pH OD Turbidez, Condutividade Amônia Fósforo Coliformes	Urbanização desordenada, ausência de saneamento e descarte de resíduos sólidos.
Brasil (2005)	Resolução Federal CONAMA 357 (2005)	Abrangência Nacional	Todos os corpos d'água	Classificação (Classes 1 a 4), OD, Turbidez, Metais e Efluentes.	Estabelece os limites legais para a manutenção da vida aquática e usos preponderantes.
Brasil (2021)	Portaria Ministerial	Abrangência Nacional	Sistemas de Abastecimento / Consumo Humano	Padrões de potabilidade (físico-químicos/microbiológicos)	Define os procedimentos de controle e vigilância da água para consumo humano.

CAPON (2020)	Encyclopedia of the World's Biomes	Ecossistemas Ripários (Global)	Zonas Ripárias / Matas Ciliares	Funções ecológicas e serviços ecossistêmicos das margens.	Degradação da vegetação marginal, alteração do ciclo de nutrientes e perda de proteção dos corpos d'água.
COSTA <i>et al.</i> (2021)	Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais	Bacia do Rio Guamá-Belém/PA	Rio/ Superficial	pH, Temperatura, Oxigênio Dissolvido, Turbidez, Condutividade Elétrica, Cloretos, Sólidos Totais e Coliformes.	Efeito da sazonalidade (precipitação), descarte de efluentes domésticos e pressões urbanas em Belém.
FALCADE <i>et al.</i> (2017)	REGA (Porto Alegre)	Geral (Sistemas superficiais)	Corpos d'água superficiais	Turbidez (Metodologia de medição).	Dificuldade de acesso a tecnologias de monitoramento de alto custo.
FERREIRA <i>et al.</i> (2023)	GEOFRONTER	Amazônia Oriental (Pará)	Áreas Úmidas (Wetlands)	Precipitação pluviométrica e níveis fluviais.	Vulnerabilidade ambiental e mudanças no regime de inundações
JUNK & CUNHA (2024)	Livro (E-book)/INAU	Áreas Úmidas Brasileiras (Perspectiva Nacional)	Áreas Úmidas, Várzeas e Igapós	Classificação ecológica, manejo e inventário de ameaças.	Lacunas de conhecimento, perda de biodiversidade e ameaças por mudanças no uso do solo.
MOURA <i>et al.</i> (2021)	Engenharia de Pesca: aspectos teóricos e práticos	Amazônia Oriental (Pará)	Ecossistemas Aquáticos diversos	Parâmetros físico-químicos e indicadores de qualidade.	Sinergia entre o regime de chuvas e o despejo de efluentes; riscos à biodiversidade aquática.

PAIVA (2020)	Relatório Técnico (GTEMA/CNPq)	Rio Cateté (TI Xikrin do Cateté)	Rio/Área de Preservação	Metais pesados, turbidez e parâmetros físico-químicos	Impactos de atividades minerárias, contaminação hídrica e riscos às comunidades indígenas.
PARÁ (SEMAS), 2020	Relatório de Monitoramento Técnico	11 Unidades Hidrográficas do Pará	Rios, Igarapés e Baías	IQA (Índice de Qualidade de Água), IET (Estado Trófico) e parâmetros físico-químicos.	Diagnóstico da degradação por efluentes domésticos e atividades produtivas em escala estadual.
PARÁ (SEMAS), 2021	Relatório PROGESTÃO (2º Ciclo)	Abrangência Estadual	Recursos Hídricos (Gestão)	Metas de monitoramento, base de dados e governança hídrica.	Lacunas na estruturação dos órgãos gestores e necessidade de monitoramento sistemático
SILVA & SÁ (2019)	Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi	Bacia do Rio Tapajós (Fordlândia)	Rios e áreas de ocupação histórica	Indicadores epidemiológicos e sanitários.	Alterações ambientais por grandes projetos, falta de saneamento e doenças (esquistossomose).
SILVA <i>et al.</i> (2023)	Boletim Paulista de Geografia	Igarapé Santos (Tucuruí/Sudest e Paraense)	Igarapé (Corpo d'água superficial)	pH, Temperatura, Oxigênio Dissolvido, Turbidez, Condutividade e Nutrientes.	Sazonalidade (chuvas) e despejo direto de efluentes domésticos e resíduos sólidos.
SOUSA <i>et al.</i> (2024)	Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade	Bacia do Rio Tapajós	Rio de grande porte	Aporte de sedimentos e turbidez (modelagem e projeções).	Atividade de garimpo, aumento da carga de sedimentos e assoreamento.
SOUSA <i>et al.</i> (2021)	Research, Society and Development	Microbacia do Rio Pau Amarelo (São Francisco do Pará)	Rio/Microbacia	pH, Condutividade Elétrica, Oxigênio Dissolvido e Temperatura.	Alteração da cobertura vegetal (desmatamento), uso do solo para pastagens e agricultura.
VARELA <i>et al.</i> (2020)	Revista Gestão & Sustentabilidade	Rio Guamá (Belém)	Rio/Superficial	Fósforo Total, Clorofila <i>a</i> e	Eutrofização decorrente

	Ambiental			Índice de Estado Trófico (IET).	do despejo de esgoto doméstico e efluentes urbanos.
VASCONCELOS JUNIOR <i>et al.</i> (2025)	Revista Pan-Amazônica de Saúde	Canal do Maguari-Açu (Ananindeua)	Canal Estuarino/Furo	Indicadores hidroquímicos e integração multivariada.	Influência da maré e sazonalidade na dispersão de poluentes em área densamente urbana.

Fonte: Autores (2026).

Síntese da Extração de Dados

A sistematização dos trabalhos selecionados evidencia a diversidade de abordagens sobre a qualidade da água no estado do Pará, contemplando diferentes bacias hidrográficas, ecossistemas e parâmetros físico-químicos. Os estudos analisados permitem identificar padrões recorrentes, como a influência da sazonalidade e das pressões antrópicas, além de destacar lacunas que reforçam a necessidade de gestão integrada. A seguir, apresentam-se os principais materiais selecionados da literatura, organizados de forma a discutir tanto os aspectos naturais quanto os impactos decorrentes das atividades humanas.

Como apresentado por Barbosa (2020), a sazonalidade amazônica, marcada por regimes pluviométricos distintos, regula diretamente a carga poluidora nos corpos d'água. Nos períodos de baixa precipitação, a menor capacidade de diluição dos rios intensifica a concentração de efluentes domésticos e resíduos industriais, agravando os impactos ambientais. Esse processo evidencia o papel crítico do saneamento precário como vetor de degradação, sobretudo em áreas urbanas densamente ocupadas.

Como destacado por Silva e Sá (2019), com base na classificação das tipologias das águas amazônicas proposta pelo biólogo alemão Harard Sioli, o ambiente amazônico é constituído por uma rede de ecossistemas aquáticos que incluem rios, igarapés, lagos e várzea. Os rios da Amazônia possuem características ecológicas distintas e características físico-químicas que são refletidas e classificadas como águas brancas que apresentam uma coloração turva devido à alta concentração de sedimentos em suspensão.

De acordo com Moura *et al.* (2021), a qualidade da água nos ecossistemas amazônicos é influenciada tanto pela sazonalidade regional quanto por impactos antrópicos. Estudos na área demonstram que atividades como o desmatamento, o lançamento de efluentes e a mineração alteram significativamente variáveis como pH, turbidez e condutividade.

Essas alterações são exacerbadas pelos ciclos de cheia e vazante, e ocasionam o aumento do escoamento superficial durante as chuvas com consequente aumento da concentração de solutos na estiagem, os quais intensificam a degradação. A literatura aponta que, enquanto ambientes preservados se beneficiam de fatores naturais como a mata ciliar, os corpos d'água sob pressão antrópica demonstram um comprometimento que requer atenção especial em todas as estações do ano.

De acordo com as abordagens de Assayag *et al.* (2024), o período de estiagem é um fenômeno sazonal intrínseco ao ciclo hidrológico de cheia e vazante, caracterizado pela redução da precipitação e consequente diminuição do nível dos rios. Essa intensificação climática gera impactos socioeconômicos críticos para as comunidades ribeirinhas, manifestando-se no isolamento devido ao baixo calado dos rios e na severa escassez de água potável e recursos de subsistência, exigindo ações urgentes de mitigação e gestão.

A complexidade dos sistemas hídricos paraenses é evidenciada por Barthem *et al.* (2024), que destaca o município de Belém-PA como parte de uma dinâmica estuarina singular em escala global. A interação entre a descarga de água doce dos rios, como o Guamá, e a influência das marés define a qualidade ambiental dessas águas. Contudo, os autores alertam que a pressão urbana sobre o estuário compromete tanto os parâmetros físico-químicos quanto a biodiversidade dependente da conectividade entre continente e oceano.

A necessidade de uma gestão integrada no estado do Pará é destacada por Anderson *et al.* (2022), ao apontarem que a conservação da Amazônia está diretamente ligada à preservação de seus ecossistemas aquáticos. Os autores alertam que a fragmentação dos rios por grandes obras de infraestrutura altera o fluxo de sedimentos e nutrientes, comprometendo a qualidade da água e a segurança alimentar das comunidades ribeirinhas.

A adoção de tecnologias acessíveis, como os tubos de turbidez sugeridos por Falcade *et al.* (2017), representa uma estratégia viável para a gestão hídrica no estado do Pará. Tais ferramentas facilitam o monitoramento em áreas remotas e comunidades ribeirinhas, permitindo a geração de dados contínuos onde o custo laboratorial é impeditivo. Essa democratização do monitoramento é essencial para antecipar respostas a impactos ambientais em bacias de difícil acesso na Amazônia.

A análise da qualidade hídrica nos ecossistemas paraenses é pautada pelo confronto dos dados com o ordenamento jurídico vigente. Enquanto a Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece os padrões de qualidade para a classificação dos corpos d'água e diretrizes de lançamento de efluentes, a Portaria GM/MS nº 888/2021 define os parâmetros rigorosos de potabilidade para o consumo humano.

A convergência entre a literatura acadêmica e estas normativas revela que a sazonalidade amazônica frequentemente induz a desconformidades em relação aos limites estabelecidos, especialmente no que tange à concentração de metais e coliformes em períodos de elevada pluviosidade.

CONCLUSÃO

Os resultados sistematizados nesta revisão indicam que a variabilidade sazonal é o principal fator condicionante da qualidade das águas superficiais no estado do Pará. A análise comparativa dos dados demonstra que o regime hidrológico regional altera a capacidade de autodepuração dos corpos d'água, estabelecendo padrões distintos de conformidade ambiental para os períodos de cheia e estiagem.

Identificou-se que, durante o período de vazante, a redução do volume de vazão resulta na concentração de poluentes antropogênicos, elevando os índices de carga orgânica e nutrientes. Por outro lado, o período de pluviosidade acentuada promove o carreamento de sólidos e lixiviação de contaminantes do solo, elevando a turbidez e a presença de metais, mesmo em ambientes onde a ocorrência de elementos como ferro e manganês é de origem natural.

A convergência dos estudos analisados aponta que a ausência de infraestrutura de saneamento básico é o vetor crítico de degradação hídrica nas bacias urbanas, como a do Rio Guamá e do canal do Maguari-Açu. A pressão antrópica nestas áreas sobrepõe-se aos ciclos naturais, resultando em

desconformidades constantes nos parâmetros microbiológicos e de oxigênio dissolvido em relação aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, S. D. S. Os impactos da ausência de saneamento básico no processo de adoecimento da população brasileira: Uma revisão narrativa da literatura. **Research, Society and Development**, v. 14, n.11, 2025.
- ALENCAR, V. E. S. A; ROCHA, E. J. P; SOUZA-JÚNIOR, J. A. CARNEIRO, B.S. Análise de parâmetros de qualidade da água em decorrência de efeitos da precipitação na baía de Guajará- Belém, PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.12, n.2, p: 661-680, 2019.
- ANDERSON, E; CORREA, S; COUTO, T; GOULDING, M. Conservar ecossistemas aquáticos para conservar a Amazônia. Lima, Wildlife Conservation Society, 2022.
- ASSAYAG, L. D; MARQUES, Q. A. L; BARBOSA, T. F; GUIMARÃES, F. C. G; FONSECA, F. G; FILHO, N. F.A. Fenômeno da Estiagem: o processo da enchente e da vazante nos rios amazônicos. **International Journal of Development Research**, v. 14, 2024.
- BARTHEM, R; GOULDING, M; VENTICINQUE, E. Atlas do estuário amazônico. Museu Emílio Goeldi, 2024.
- BARBOSA, I. C. D. C. **Aspectos geoambientais e climáticos da sub-bacia do Rio Guamá no Nordeste Paraense**. 2020. 187 f. Dissertação (Doutorado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2020.
- BATISTA, L. F; MONTE, C. D. N; CORRÊA, E. S; NASCIMENTO, T. S. R. D; COSTA, I. Avaliação da qualidade da água superficial em uma microbacia periurbana do município de Santarém, PA. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 117–133, 2022.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888/2021, de 4 de maio de 2021**. Dispõe sobre os procedimentos e responsabilidade relativos ao controle e a vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, na forma do anexo XX da portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de setembro de 2017. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2021.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução 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. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005.
- CAPON, S. Riparian Ecosystems. *Encyclopedia of the World's Biomes*, **Elsevier**, p. 170-176, 2020.
- COSTA, G. M. M; RIBEIRO, H. M. C; PANTOJA, D. N. S. M; PONTES, A. N; COUTINHO, E. C; BORDALO, A. O; MEIRELES, R.R. Avaliação do efeito da

- sazonalidade na qualidade da água superficial no rio Guamá, Belém, PA. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.10, p.545-560, 2021.
- FALCADE, D. R; MANNICH, M; COLOMBO, G. T. Tubo de turbidez para determinação de baixo custo da turbidez em corpos d'água superficiais. **REGA**, Porto Alegre, v. 14, e5, 2017.
- FERREIRA, N. S; LIMA, A. M. M. D; GOMES, D. J. C. Vulnerabilidade das áreas úmidas e influência sazonal da precipitação pluviométrica na Amazônia Oriental. **GEOFRONTER**, v. 9, 2023.
- JUNK, W. J; CUNHA, C. N. DA; (org). Inventário das Áreas Úmidas Brasileiras: Distribuição, ecologia, manejo, ameaças e lacunas de conhecimento. Cuiabá-MT. **Carlini e Caniato Editorial**, 2024 . E-book (168-199p.).
- MOURA, H. T. G. D. S; SOUSA, J. A. D; VERAS, G. C; NUNES, Z. M. P. Influência sazonal e antrópica na qualidade da água em ecossistemas aquáticos da Amazônia Oriental: qualidade de água em ecossistemas amazônicos. **Engenharia de Pesca: aspectos teóricos e práticos**, v. 2, 2021.
- PAIVA, R. S. Relatório Parcial de Monitoramento do Rio Cateté na Terra Indígena Xikrin do Cateté no período de dezembro de 2019 a março de 2020. **Grupo de Tratamento de Minérios Energia e Meio Ambiente - GTEMA/CNPQ**. Ananindeua, Pará, 2020.
- PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS). **Relatório de monitoramento da qualidade das águas superficiais no Estado do Pará**. Belém: SEMAS, p. 130, 2020.
- PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS). **Relatório PROGESTÃO 2020 – 2º Ciclo: 2º Período de Certificação – Estado do Pará**. Belém: SEMAS, 2021. 31 p.
- SILVA, A. F. C. D; SÁ, D. M. Ecologia, doença e desenvolvimento na Amazônia dos anos 1950 e a esquistossomose na Fordlândia. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, Belém, v. 14, n. 2, 2019.
- SILVA, R. O. D; EL ROBRINI, M; DE FREITAS, M. P. Influência do índice de chuvas e de rejeitos de efluentes na qualidade das águas do igarapé Santos (Tucuruí-Sudeste Paraense/Amazônia Oriental). **Boletim Paulista de Geografia**, v. 1, n. 109, p. 188-212, 2023.
- SIMÃO, C. D. S; EL-ROBRINI, M; SANTOS, M. D. L. S; SILVA, N. M. D. Influência da sazonalidade sobre as águas estuarinas de um furo amazônico (Arrozal – Barcarena, Pará, Amazônia Oriental). **GEOGRAFIA**, v. 50, n. 1, p. 512-539, 2025.
- SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento). **Diagnóstico Temático: Serviços de Água e Esgoto** - Visão Geral: Ano de Referência 2022. Brasília, Ministério das cidades, 2023.
- SOUSA, E. D S; COSTA, C. E. A. D. S; SOUZA, M. M. D; PROGÊNIO, M. F; CONCEIÇÃO, R. P. D. Projeções Futuras de Sedimentos no Rio Tapajós e sua

possível relação com Áreas de Garimpo. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 13, n.1, 2024.

SOUSA, R. D. L; VALE, J. B. D; BARBOSA, A. J. S. D. S; SILVA, T. L. D; SOUSA, V. C. Diagnóstico do uso e cobertura de terra e a qualidade da água superficial da microbacia do Pau Amarelo em São Francisco do Pará. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, 2021.

VARELA, A. W. P; SOUZA, A. J. N. D; AVIZ, M. D. D; PINFILDI, G. V; SANTOS, R. M; SOUSA, P. H. C; SANTOS, M. D. L. S. Qualidade da água e índice de estado trófico no rio Guamá, município de Belém (Pará, Brasil). **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, n. 4, 2020.

VASCONCELOS JUNIOR, N. T; SANTOS, Y. O. D. S; SILVA, M. M. C. D. S; FAIAL, K. R. F; SOUSA, E. B. D. S; FAIAL, K. D. C. F. Tendências Sazonais e integração multivariada de indicadores hidroquímicos no Maguari-Açu. **Rev Pan-Amaz Saude**, Ananindeua, v.16, 2025.