

PRIMEIRO ESTUDO SOBRE A AMÔNIA (NH₃) CONTIDA NO CÓRREGO PARAGOMINAS NO MUNICÍPIO DE MESMO NOME, SUDESTE DO PARÁ



<https://doi.org/10.56238/arev7n4-006>

Data de submissão: 03/02/2025

Data de publicação: 04/02/2025

Antônio Pereira Júnior

Doutoranda em Ciências Ambientais
Universidade Estadual do Pará, Brasil
E-mail: antonio.junior@uepa.br

Gundisalvo Piratoba Morales

Doutor em Ciências Geoquímicas e Petrografia
Universidade Estadual do Pará, Brasil
E-mail: gundymorales@gmail.com,

Norma Ely Santos Beltrão

Doutor em Desenvolvimento Sustentável
Universidade Estadual do Pará, Brasil
E-mail: normaely@uepa.br

Ana Júlia Soares da Silva Barbosa

Doutorado em Engenharia de Recursos Naturais na Amazônia
Universidade Estadual do Pará, Brasil
E-mail: anajulia.barbosa@uepa.br

Lucy Anne Cardoso Lobão Gutierrez

Doutoramento em Geologia e Geoquímica
Universidade Estadual do Pará, Brasil
E-mail: lucuannegutierrez@uepa.br,

Edmir dos Santos Jesus,

Doutor em Ciências do Clima
Instituto Tecnológico da Vale
Belém – PA, Brasil
E-mail: edmir.jesus@gmail.com

Hebe Morgane Campos Ribeiro

Doutor em Engenharia Elétrica
Universidade Estadual do Pará, Brasil
E-mail: hebemct@gmail.com,

Maik Cauan Silva Recoliano

Graduação em Química
Universidade Estadual do Pará, Brasil
E-mail: maik.csrecoliano@aluno.uepa.br e
Maria Eduarda Moreira Martins

Graduando em Engenharia Ambiental
Universidade Estadual do Pará, Brasil
E-mail: maria.em.martins@aluno.uepa.br

RESUMO

A amônia não ionizada ou livre é a substância nitrogenada mais tóxica no ambiente aquático, e a ausência de informações sobre ela causa uma deficiência na avaliação da qualidade da água. Essa foi a lacuna que norteou esta pesquisa, uma vez que a geração e o descarte desses dados podem auxiliar

na gestão integrada ou não integrada da qualidade da água do Igarapé Paragominas. O objetivo é identificar a presença ou ausência no trecho urbano, caracterizar a origem antrópica e verificar se três parâmetros associados à qualidade da água atuam ou não sobre a amônia não ionizada ou livre. O método utilizado foi hipotético-dedutivo com abrangência quantitativa e qualitativa de natureza observacional. Os dados obtidos e analisados indicaram que nas cinco áreas analisadas, a ocorrência de amônia não ionizada ou livre indicou. Indicaram ainda que em áreas onde a aglomeração populacional é menor, a concentração desse gás, em mg/L, também é menor ($A_1, 0,13 \pm 0,04$) e, proporcionalmente, à menor quantidade de efluentes que entram na área de amostragem; à medida que esse cluster cresce, também cresce a concentração ($A_2, 0,26 \pm 0,04$; $A_3, 0,37 \pm 0,17$; $A_4, 0,81 \pm 0,44$), dependendo da ocorrência inversa; a temperatura da água apresentou tendência crescente ($A_4, 26,75 \pm 0,92$); a concentração de OD em mg/L foi mais efetiva em $A_2 (2,27 \pm 0,81)$, em oposição à identificada em $E_5 (1,50 \pm 0,36)$. Por fim, observou-se que o crescimento da aglomeração populacional ocorreu em A_2 , A_3 e A_4 , associado à deficiência de saneamento básico, os três parâmetros componentes da qualidade da água, atuam direta e indiretamente, na concentração de amônia não ionizada ou livre, o que ocasiona problemas ao córrego Paragominas e a falta de informações sobre isso, determina uma gestão ineficiente quanto à qualidade da água neste afluente, na margem direita, do rio Uraim.

Palavras-chave: Efluentes. Crescimento demográfico. Gestão da qualidade da água.

1 INTRODUÇÃO

A falta de dados sobre a qualidade da água em muitos municípios brasileiros dificulta a gestão dos recursos hídricos na cidade. Os 5.540 municípios brasileiros apresentam sérios problemas quanto a essa qualidade, devido ao desenvolvimento desordenado da economia (UNESCO, 2025) e social (TUNDISI, 2008). Outro problema é a infraestrutura deficiente de saneamento básico (ANA, 2025) associada ao lançamento de águas residuais em águas superficiais (BRASIL, 2005) que provoca uma diminuição do que se convencionou chamar de conservar hoje para não faltar amanhã. No entanto, isso ainda não ocorreu, o que provoca uma lacuna no contexto das necessidades básicas das comunidades: o direito à água de qualidade (ALMEIDA; KLUSKA; ALMEIDA, 2014).

A qualidade da água, em termos de lançamento de efluentes, no Brasil tem diretrizes definidas por legislação própria (BRASIL, 2011). Os municípios também o fazem (PARAGOMINAS, 2014). No entanto, o crescimento populacional que ocorre nelas e sua concentração na área urbana (IBGE, 2016), tem causado um grave problema de gestão hídrica, como no caso da chamada gestão integrada (SILVA; PORTO, 2003). Esse tipo de gestão é uma das ferramentas que atende à meta seis dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e garante o direito ao recurso natural para as gerações futuras, além de aumentar a segurança hídrica (SILVA *et al.*, 2019).

Sem dúvida, a qualidade da água é analisada sob parâmetros componentes de propriedades físicas (por exemplo, temperatura) e químicas como: pH, oxigênio dissolvido – OD; compostos nitrogenados como amônia não ionizada ou livre NH_3 (BRASIL, 2005; 2011) Para identificá-los e mensurá-los, existem diversos mecanismos como kits para análise. Com tudo isso, a lacuna da ignorância ainda é alta (MOEIZADEH; YONG; WITHANA, 2024). Outro problema para a qualidade da água é a ausência de estudos que indiquem as características das áreas de influência e dos locais onde as águas superficiais são captadas (PASSOS *et al.*, 2019).

O maior problema de NH_3 , no ambiente aquático, é sua toxicidade, uma vez que é dependente do ciclo biogeoquímico do nitrogênio (EDWARDS *et al.*, 2024; WANG *et al.*, 2020). Outro fato ainda pouco claro é o real valor da amônia não oxidada, como fator indicativo e não a soma com a amônia ionizada, uma vez que sua toxicidade é menor em águas superficiais (IP; MASTIGAR; RANDALL, 2001). Além disso, há diminuição dos níveis de DO, em relação à presença (SERAFIN; ZABINONI FILHO, 2009). Outra variável que, no Brasil, atua como indicador da qualidade da água, a temperatura da água e que atua nos níveis de (IVAN NH_3 NH_3 NH_3 *et al.*, 2024).

Todo conhecimento sobre sua gênese a partir de duas fontes principais: natural e antrópica deve ser objeto de observações constantes, com especial atenção à segunda (DANTAS *et al.*, 2022). Especialmente em municípios onde o desenvolvimento econômico e populacional aumenta a

densidade e as aglomerações urbanas, e onde as áreas de lazer estão localizadas na periferia (LIOYD *et al.*, 2024; SANDU *et al.*, 2022; WANG *et al.*, 2020). Um grande problema reside na falta de atenção que as águas superficiais dos afluentes urbanos prestam em relação ao que descarregam no rio principal de (ANH *NH₃* *et al.*, 2023; LIANG *et al.*, 2025).

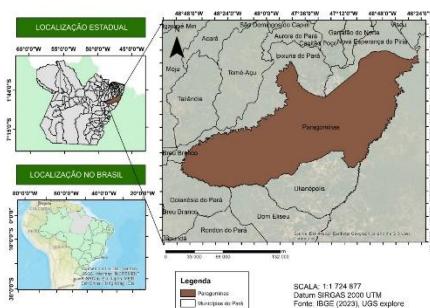
Todas essas abordagens estão associadas ao córrego Paragominas, no município de mesmo nome, Pará, Brasil. O mais grave é a ausência de informações hidrológicas sobre a qualidade da água devido à presença dela, o que gera uma gestão insuficiente desse recurso hídrico. Isso justificou e aumentou a relevância desta pesquisa, cujos objetivos foram: 1) identificar a presença ou ausência de , desde o início do perímetro urbano até a vazão para o rio principal; 2) caracterizar as influências antrópicas das áreas urbanizadas sobre a qualidade da água desse córrego nas áreas de amostragem de água; 3) Verifique as ações do pH, oxigênio dissolvido (OD) e temperatura da água sobre este gás.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 FISIOGRAFIA DA ÁREA

O município de Paragominas (Figura 1), localizado no sudeste do Pará ($2^{\circ}59'S$; $47^{\circ}21'W$), a uma altitude de 89 m (ALVES; CARVALHO; SILVA, 2014), ocupa 31,1% (19.343 km²) da região de integração do rio Capim (PARÁ, 2023). Dessa área, 29,7 km² são urbanizados e 21,34% dos domicílios estão ligados a esgoto sanitário. A população equivalia a 105.550 habitantes em 2022, dos quais 96.150 habitantes na área urbana e 9.400 na área rural (IBGE, 2023).

Figura 1 - Mapa de localização do município de Paragominas, Estado do Pará, Brasil.



Elaboração: Silva, G. R. (2025)

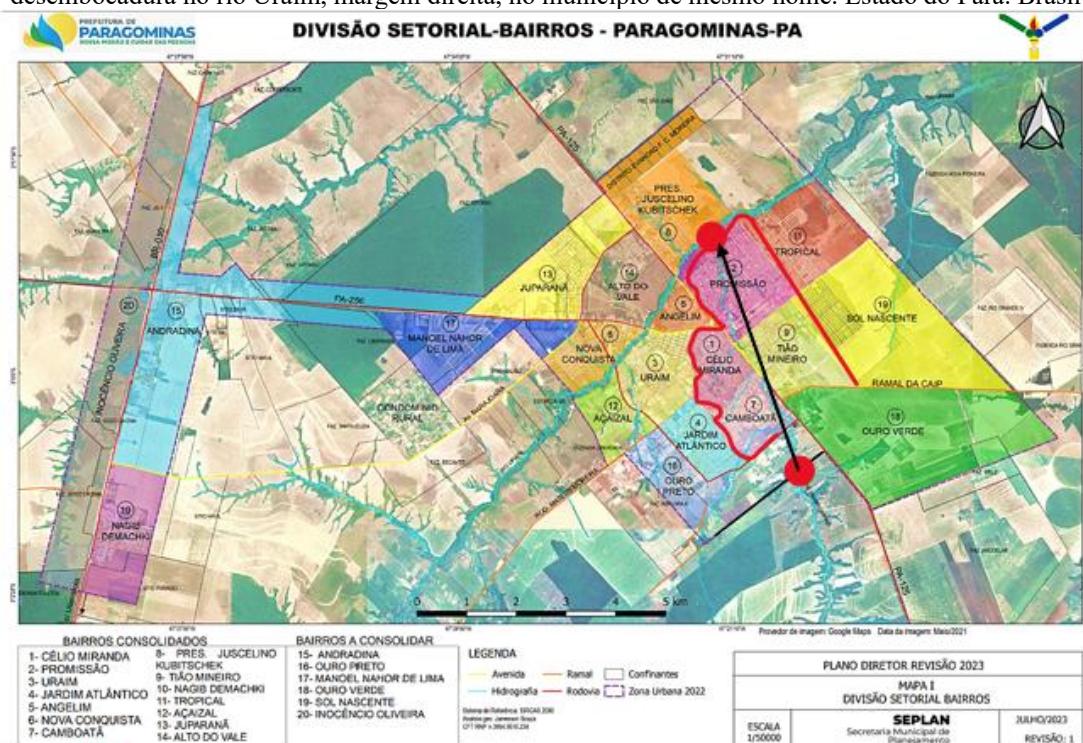
O clima na classificação de Köppen é equatorial *Ah* Logotipo expressivo, tropical chuvoso e seco. De acordo com a classificação de Thornthwaite, o clima será tropical úmido, com secas significativas (RODRIGUES *et al.*, 2020), e a vegetação atual corresponde a florestas secundárias em estágios de desenvolvimento como a capoeira. Isso é resultado do uso e ocupação do solo, diante do

desmatamento para apoiar o cultivo da pecuária. Lei Municipal nº 870 (PARAGOMINAS, 2014) regulamenta o saneamento municipal

2.1.1 Área de pesquisa

A bacia hidrográfica do córrego Paragominas (Figura 2) possui área equivalente a 66 km², e perímetro igual a 51 km (PARAGOMINAS, 2014) e é afluente da margem direita do rio Uraim, e possui, no curso rural, 11 barragens (RODRIGUES *et al.*, 2020). Neste contexto, a área escolhida inicia-se na Autoestrada Constantino Pereira do Sacramento, antiga Autoestrada dos Pioneiros e estende-se até à Rua Padre Carvalho ($\approx 4,4$ km, no sentido M → J). A vazão desse córrego para a bacia hidrográfica do Uraim fica a 500 m dessa rua, nas seguintes coordenadas geográficas: 046°49'48.0" W; 02°48'14.9"S.

Figura 2 – Área do trecho urbano do córrego Paragominas, desde a Rodovia Constantino Pereira do Sacramento até a desembocadura no rio Uraim, margem direita, no município de mesmo nome. Estado do Pará, Brasil.



Legendas: • córrego Paragominas, trecho urbano; . , extensão da área.

Fonte: adaptado do original contido em Paragominas (2023).

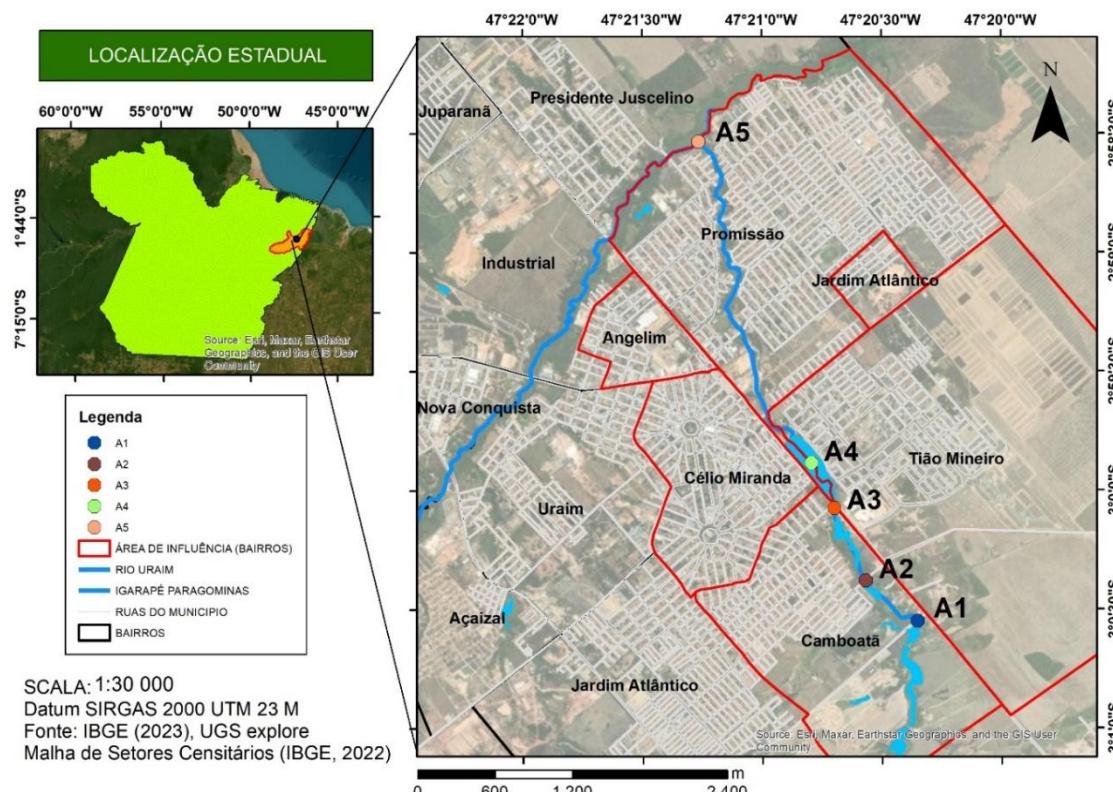
A massa de água em análise não apresenta classificação. No entanto, a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (BRASIL, 2005), Capítulo II – Classificação dos Corpos Hídricos, Seção I – Águas Doces, artigo 4º, inciso III, classe 2, as águas podem ser destinadas: b) à proteção das comunidades aquáticas; c) recreação de contato primário (natação); d) irrigação de...

parques e jardins; e) Atividade de pesca. As atividades antrópicas contidas nos itens c, d e e estão ligadas a A1 e A2.

2.1.2 Áreas selecionadas para amostragem

Nessa extensão, foram selecionadas cinco áreas, com base no critério de aglomerados populacionais, do menor para o maior, identificadas como A1 - Rodovia Constantino Pereira do Sacramento, a 850 m da Rodovia PA 125, sentido W → E, da área da Fazendinha; A2 - Avenida Selecta, conjunto residencial (bairro Camboatã), que anteriormente abrigava inúmeras serrarias; A3 - confluência da Rua Gregório Santos Araújo (bairro Camboatã); A4 – Lago Verde (bairro Tião Mineiro); A5 – Ponte sobre a Rua Padre Carvalho, no bairro da Promissão (Figura 3).

Figura 3 – As cinco áreas selecionadas no trecho urbano do córrego Paragominas, no município homônimo. Estado do Pará. Brasil.



Elaborado por: Silva G. R. (2025).

O surgimento desta área advém de uma urbanização desta área onde prevalecia um lixão a céu aberto, que foi sujeito a serviços de dragagem, ampliação do leito original. Atualmente possui extensão igual a 1000 m (PARAGOMINAS, 2014), sem a manutenção da mata ciliar original ou secundária. no Plano Diretor de Desenvolvimento do Município – PDDM (PARAGOMINAS, 2020).

A conservação da mata ciliar, no artigo 25, foi citada no PDDM, obediência à conservação da Área de Proteção Permanente (APP), os limites estabelecidos pelo Código Florestal, Lei nº 12.651 (BRASIL, 2012). Já a proteção dos recursos hídricos é citada na Lei Municipal nº 1123 (PARAGOMINAS, 2023) que institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Municipal de Paragominas. Na Lei nº 765 (PARAGOMINAS, 2015), no capítulo III, dos princípios, artigo, 5º, inciso VIII, menciona que haverá proteção, preservação e recuperação dos ecossistemas.

Inclua aqui os ecossistemas aquáticos, especialmente o córrego Paragominas, afluente da margem direita da Microrregião do Rio Uraim. No capítulo III, do Controle Ambiental, inciso III, da poluição das águas, as diretrizes para o lançamento de efluentes em águas superficiais, afirma que isso só pode ocorrer se houver obediência às normas estabelecidas em lei, nas três esferas legislativas: federal, estadual e municipal.

2.2 MÉTODOS

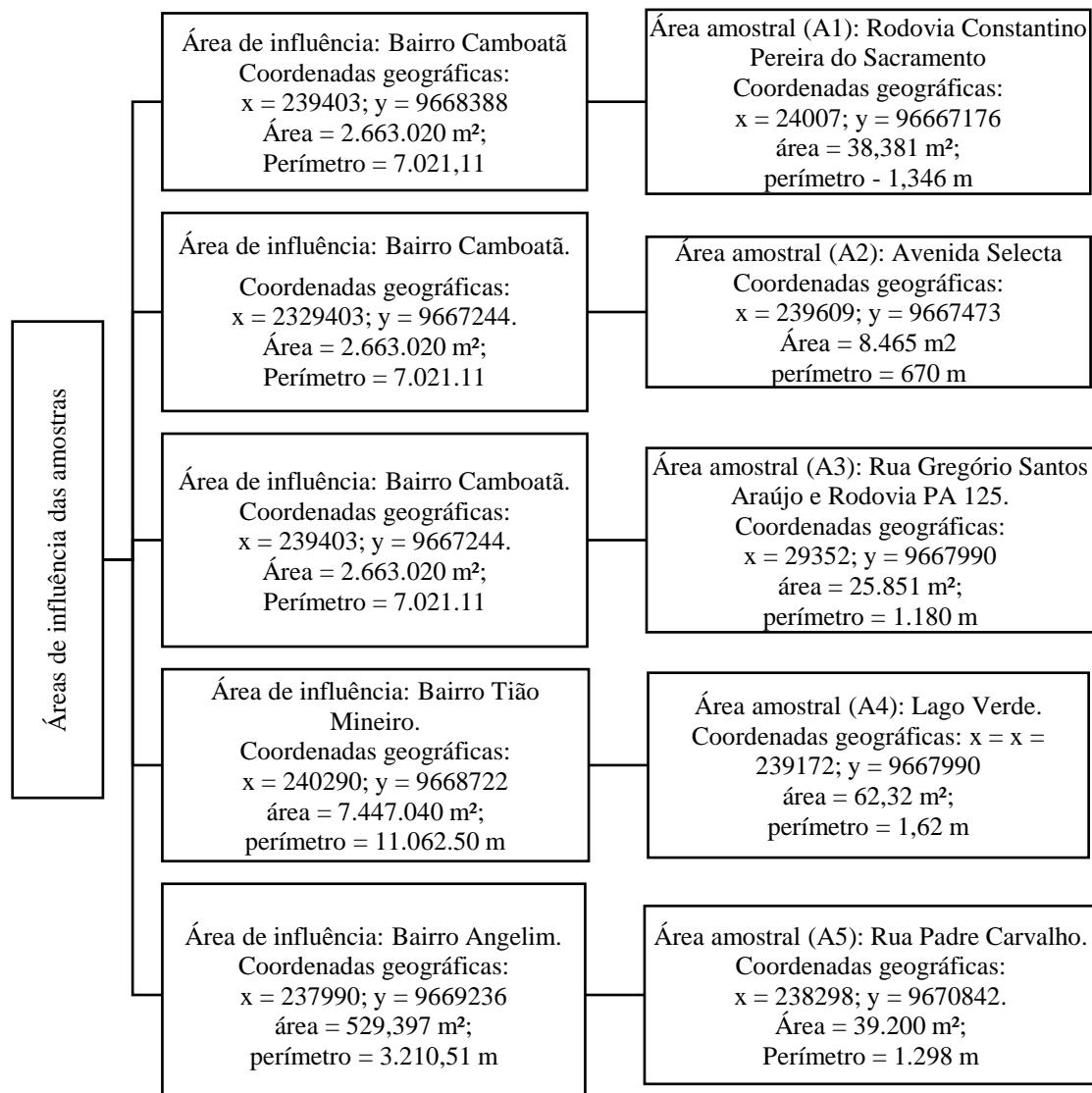
O método utilizado foi hipotético-dedutivo tendo em vista a lacuna de informação (PRODANOV; FREITAS, 2013) sobre a qualidade da água desse córrego junto aos órgãos gestores de água do município de Paragominas. Esse método foi associado à abrangência quantitativa e qualitativa de natureza observacional (PEREIRA *et al.*, 2018). Neste caso, buscou-se identificar a concentração de amônia não ionizada ou livre (NH_3) nas águas superficiais do trecho urbano do córrego Paragominas, devido à alta toxicidade que apresenta nas águas superficiais.

2.3 OBTENÇÃO DE DADOS

2.3.1 Primário

Os dados primários foram obtidos a partir de amostragens de água nas cinco áreas do trecho urbano do córrego Paragominas. Envolveu cinco áreas de influência: Rodovia Constantino Pereira do Sacramento, bairro Camboatã, bairro Tião Mineiro, bairro Célio Miranda e Promissão, todas com escoamento de efluentes domésticos para as áreas onde as coletas foram realizadas. No recorte urbano selecionado, foram enumeradas as cinco áreas selecionadas (Figura 4), de acordo com a setorização dos bairros (PARAGOMINAS, 2023).

Figura 4 – Área de Influência e arrecadação com os respectivos números e denominações dos bairros que margeiam o córrego Paragominas, no município de mesmo nome. Estado do Pará. Brasil.



Fonte: autores (2025).

A amostragem de água seguiu os parâmetros estabelecidos pelos Métodos Padrão para o Exame de Água e Efluentes (APHA, 1985). Para a amostragem, foram utilizados 10 frascos de vidro borossilicato ($V = 500 \text{ mL}$), com tampa rosqueada e revestidos com papel alumínio. A coleta foi realizada no período da manhã, a partir das 07:00, no período de transição seco-chuvoso, devido à tendência de aumento e possível perda atmosférica gasosa. Em seguida, foram armazenados em um refrigerador para serem transportados para o Laboratório de Qualidade Ambiental (LQA), onde foram armazenados em geladeiras a 4°C , para análise que ocorreu no dia seguinte à coleta.

2.3.2 Exames laboratoriais

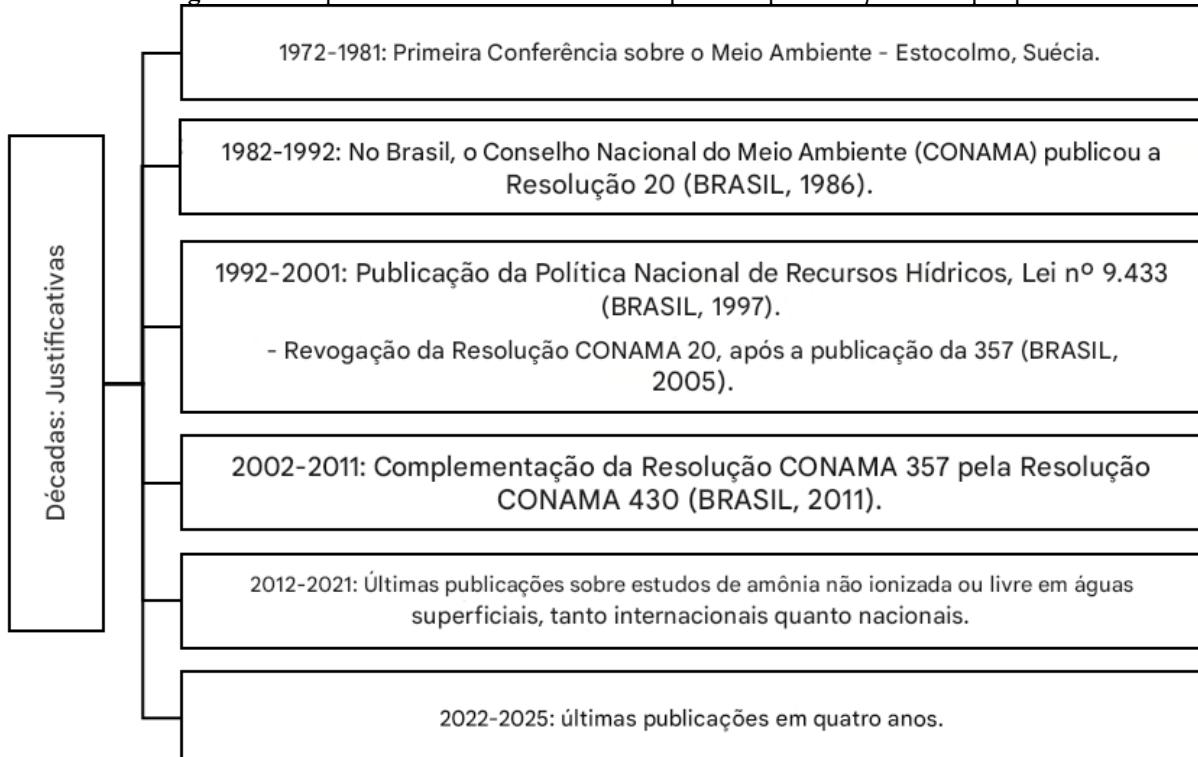
As análises laboratoriais ocorreram em 18 de fevereiro de 2025. Para a realização dessa ação, foi utilizado o Amônia Tester, marca AKSO, que utiliza o método de Nessler para identificar a quantidade de amônia nas cinco áreas do trecho urbano do córrego Paragominas. A temperatura da água amostrada a 25 °C, com uma faixa de medição entre 0,00 e 5,00 ppm com precisão ($\pm 0,10$ ppm $\pm 5\%$) com um volume de amostra igual a 10 mL. O comprimento de onda equivalente a 455 nm. A base para essas análises foi apoiada pelas diretrizes estabelecidas pela National Health Foundation (FUNASA, 2013).

2.4 DADOS SECUNDÁRIOS

Para a obtenção de dados secundários, foram acessados: *Links* de produtos eletrônicos que armazenam publicações sobre o tema desta pesquisa, especialmente amônia em águas superficiais: Ambiente & Água; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Portal da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) via CAFé, Google Acadêmico, PLOS ONE, ResearchGate, Science Direct; Revista Virtual de Química, *Web of Science*, entre outros.

O recorte temporal compreendeu os últimos 54 anos, que foram divididos em cinco décadas e quatro anos, para ampliar o número de publicações com o objetivo de melhor subsidiar as discussões, a partir de pesquisas e publicações inerentes à temática desta pesquisa. Esses períodos permitiram uma interpretação e evolução efetiva dos estudos e da legislação nacional sobre esse gás no ambiente aquático e suas implicações para a qualidade da água e seus habitantes (Figura 5).

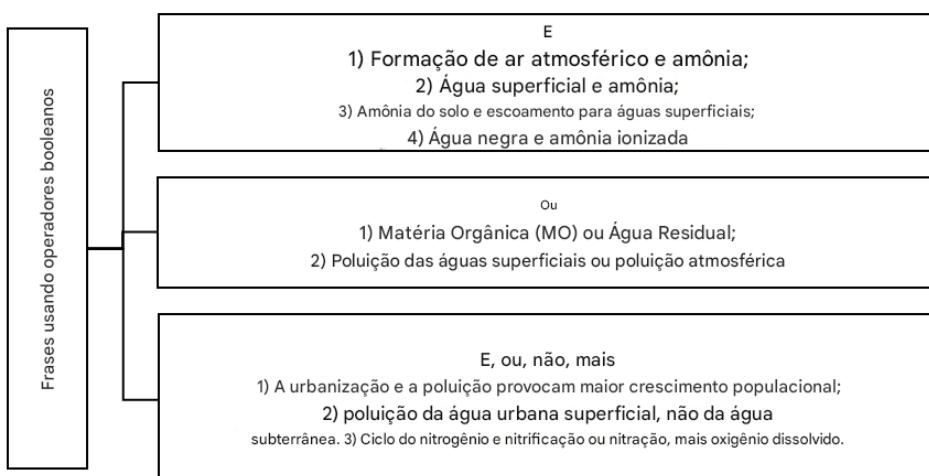
Figura 5 - As quatro décadas e meia utilizadas para compor o *corpus* desta pesquisa.



Fonte: autores (2025).

Para compor o *corpus* desta pesquisa, foi necessário aplicar operadores booleanos. Seu uso se justifica porque permitem e facilitam a combinação de palavras de interesse (FREITAS *et al.*, 2023). Neste estudo, foram utilizados, tanto isoladamente quanto em associação (Figura 6).

Figura 6 – Utilização de operadores booleanos para a seleção da literatura que compôs o *corpus* desta pesquisa.



Fonte: autores (2025).

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Devido à condição de dados não paramétricos, utilizou-se como critério a Análise de Variância (ANOVA), seguida do teste de Kruskal-Walli, com o software BioEstat 5.0 (IDM, 2023), para verificar a diferença entre as médias com o uso do software *Paleontological Statistics* (PAST, 2024). Para a Análise de Componentes Principais, foi aplicado o critério de Kaiser (autovalores < 1).

3 RESULTADOS

A análise dos dados obtidos indicou que, nas cinco áreas analisadas, as concentrações de amônia não ionizada ou livre são afetadas pelo pH, temperatura e OD (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores para as médias de amônia, potencial de hidrogênio (pH), temperatura e oxigênio dissolvido (OD), medidos nas cinco áreas do trecho urbano do córrego Paragominas, no município homônimo. Estado do Pará. Brasil.

Áreas Analisadas	Sem amônia. (mg/L)	Água T (°C)	ph	FAZER (mg/L)
Rodovia Constantino Pereira do Sacramento.	0.13	23.65	5.42	2.04
Avenida Selecta	0.26	26.20	6.19	2.27
Confluência da Rua Gregório Santos Araújo	0.37	23.95	5.58	1.70
Lago Verde	0.81	26.75	5.37	2.07
Rua Padre Carvalho	1.21	25.30	6.53	1.50
<i>p < 0,05</i>				

Fonte: autores (2025).

Observa-se que o *valor de p* é significativo para a ação das três variáveis sobre a concentração de amônia nas cinco áreas analisadas ($p < 0,00193$). Os autovalores encontrados explicam 82,2% das variações nos dados obtidos e sua ação sobre a concentração de amônia não ionizada (Tabela 2).

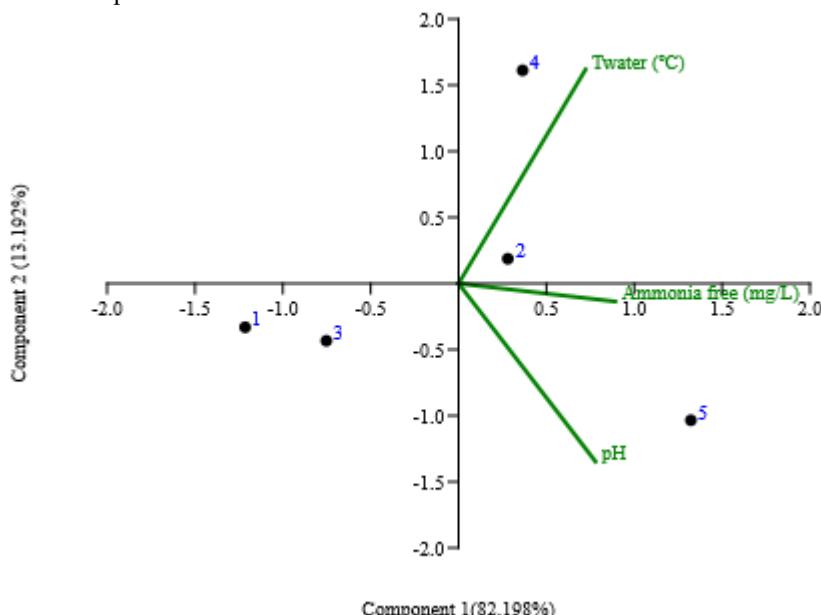
Tabela 2 – Valores próprios e percentuais de variações dos componentes principais entre amônia não ionizada ou livre, temperatura e pH nas cinco áreas analisadas no trecho urbano do córrego Paragominas, no município de mesmo nome. Estado do Pará. Brasil.

Componentes principais	Valor próprio	(%) Variação
1	1.86589	82.198
2	0.299467	13.192
3	0.104646	4.61

Fonte: autores (2025).

Pode-se observar que a amônia não ionizada ou livre apresentou tendências de aumento ou diminuição, sob a ação da temperatura e do pH, principalmente em A5 (Figura 7).

Figura 7 – Efeito da temperatura do pH sobre a concentração de amônia, nas cinco áreas analisadas no trecho urbano do córrego Paragominas, no município homônimo. Estado do Pará. Brasil.



Legenda: 1 - RCPS, Autoestrada Constantino Pereira do Sacramento (A1); 2 - Avenida Selecta (A2); 3 - Bairro Camboatã (A3); 4 - Lago Verde (A4); 5 - Rua Padre Carvalho (A5). Fonte: autores (2025).

Verificou-se também que a concentração de amônia tende a variações, em função da temperatura e do fornecimento de OD. Nesse caso, a variabilidade entre eles é de 85,09%, e são explicados por esses três componentes (Tabela 3).

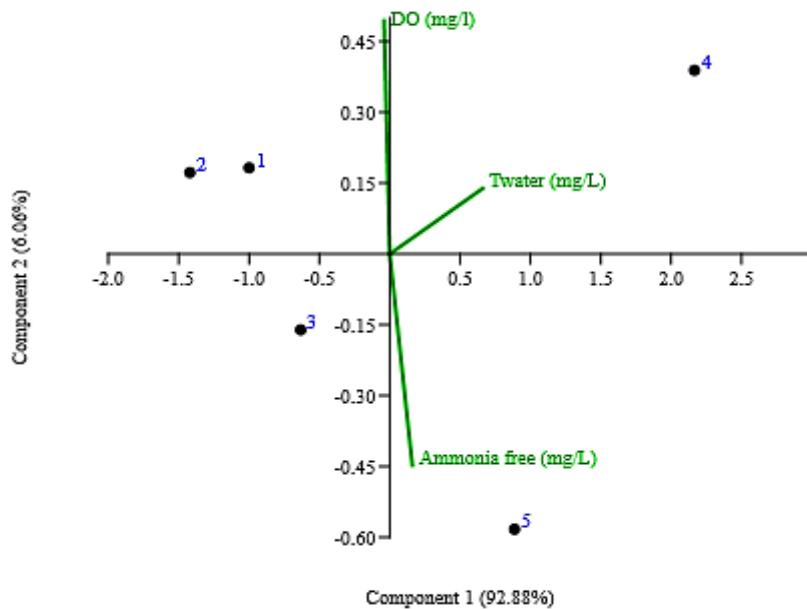
Tabela 3 - Valores próprios e percentuais de variações dos componentes principais entre amônia não ionizada ou livre, temperatura e oferta de OD, nas cinco áreas analisadas no trecho urbano do Córrego Paragominas, no município de mesmo nome. Estado do Pará. Brasil.

Componentes principais	Valor próprio	(%)Variação
1	2.22282	92.878
2	0.144998	6.0586
3	0.0254413	1.063

Fonte: autores (2025).

O índice de significância ($p < 0,00193$) indica que há diferença entre as médias dos valores obtidos e que as ações sobre a amônia não ionizada ou livre são efetivas tanto pela temperatura quanto pelo OD (Figura 8).

Figura 8 – Ação da temperatura e OD sobre a amônia, nas cinco áreas do trecho urbano analisado do córrego Paragominas, no município homônimo. Estado do Pará. Brasil.



Legenda: 1 = A1 – Rodovia Constantino Pereira do Sacramento; 2 = A2 – Avenida Selecta; 3 = A3 – Confluência da Rua Gregório Santos Araújo com a Rodovia PA 125; 4 = A4 – Lago Verde; 5 = A5 – Rua Padre Carvalho. Fonte: autores (2025).

A Figura 8 mostra que a baixa temperatura é um dos fatores ambientais que atuam positivamente na concentração de OD em A1 e A2. A concentração de OD foi maior em A4. Por outro lado, a concentração de amônia não ionizada ou livre tende a diminuir em A3. A temperatura atuou no A4 e A5, de forma um pouco mais eficaz.

A ação do pH e do OD sobre a concentração do NH_3 . O índice de variância de 68,73% explica melhor a relação entre essas três variáveis (Tabela 4).

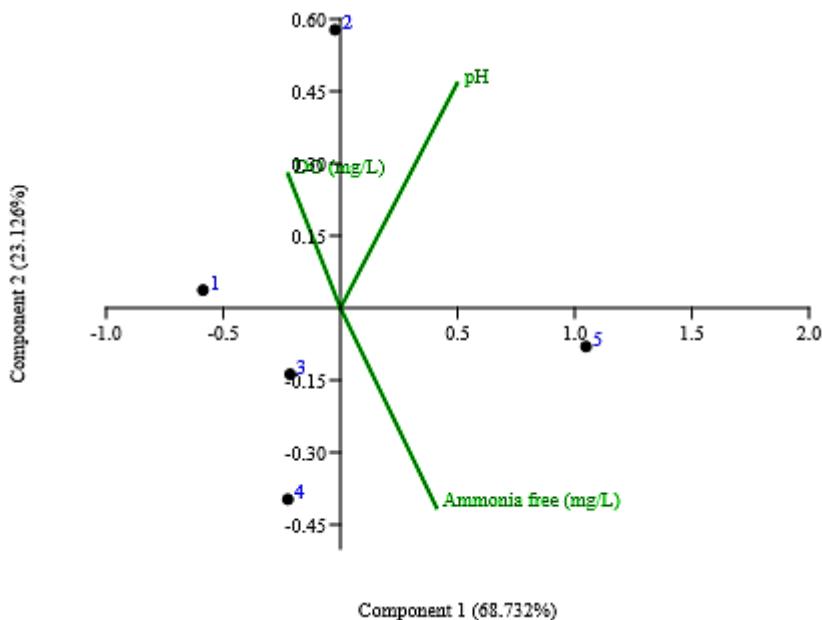
Tabela 4 - Autovalores e percentuais de variações dos componentes principais entre oferta de amônia não ionizada ou livre, pH e OD, nas cinco áreas analisadas no trecho urbano do Córrego Paragominas, no município de mesmo nome. Estado do Pará. Brasil.

Componentes principais	Valor próprio	(%)Variação
1	0.385093	68.732
2	0.12957	23.126
3	0.0456166	8.1418

Fonte: autores (2025).

O índice de significância ($p < 0,00193$) indica que há diferença entre as médias dos valores obtidos, e que as ações sobre a amônia não ionizada ou livre, em função do pH, causaram um rápido crescimento desse gás, foram mais efetivas em A2. O OD, por outro lado, reduz a concentração de em NH_3 A5 (Figura 9).

Figura 9 – Papel das variáveis que compõem os parâmetros da análise da qualidade da água sobre a concentração de NH_3 . Córrego Paragominas. Estado do Pará. Brasil.



Legenda: 1 - Autoestrada Constantino Pereira do Sacramento (A1); 2 - Avenida Selecta (A2); 3 - Bairro Camboatã (A3); 4 - Lago Verde (A4); 5 - Rua Padre Carvalho (A5). Fonte: autores (2025).

4 DISCUSSÕES

4.1 ORIGEM

No córrego Paragominas, tendem a apresentar inúmeras origens: aspectos fisiológicos da fauna e flora aquáticas, solo, atmosfera, resíduos sólidos, crescimento populacional, entre outros. Estudo (QUEIROZ; BOEIRA, 2007) sobre a gênese nos ecossistemas aquáticos, inicia-se no processo catabólico dos habitantes aquáticos que os excretam. Também podem ser provenientes do solo, principalmente aqueles onde há uso frequente de fertilizantes (agricultura e pecuária) contendo NH_3 (WISKICH; RAPSON, 2023) que liberam cerca de 20% desse gás na água. A queima de combustíveis derivados de petróleo, excrementos humanos (SILVA, J.; SILVA, T.; BECKER, 2016) e catalisadores veiculares, em 80% (GUIMARÃES; de MELLO, 2006).

Nesses ecossistemas, o NH_3 tem origem bacteriológica, desde que esses microrganismos tenham sido responsáveis pelo processo de degradação residual do MO que nele entrou (MEDHI, 2021). Outra fonte são as águas residuais, nas quais, em geral, há 55 a 60% de nitrogênio amoniacal, estágio composto por HUANG; SHANG, 2006). Além dos efluentes, os lixões que são estabelecidos, sejam eles temporários ou permanentes, em locais inadequados (SILVA, J.; SILVA, T.; BECKER, 2018) geram apporte de MO, e isso se torna um fator limitante para NH_3 , que depende do processo de mineralização e imobilização dessa MO, além do ciclo do nitrogênio e consequente nitrificação (FRENEY; SIMPSON, 1981). NH_3

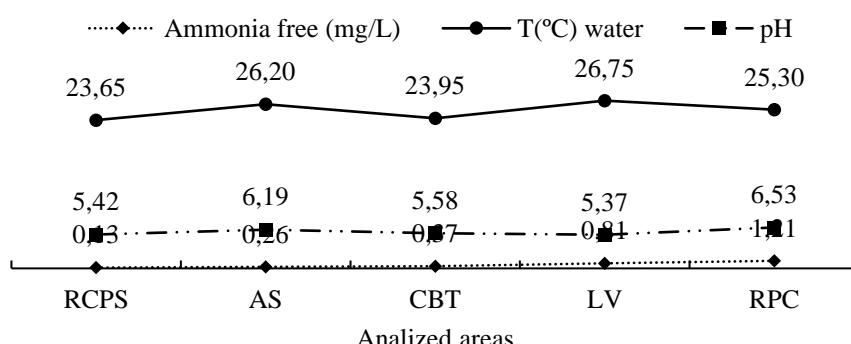
Os sedimentos também contribuem para a gênese de NH_3 . No entanto, isso só ocorrerá se a concentração microbacteriana, responsável pela decomposição da MO que, neste local, se acumulou. Nesse caso, a forma de degradação é a partir da mineralização de N2 (EPA, 2025). Entre as fontes antrópicas condizentes com a economia de Paragominas, destaca-se o uso de fertilizantes sintéticos e a pecuária, esta última, via excretas nitrogenadas (uréia, ácido úrico). Tais fontes já foram identificadas a partir do estudo do ciclo biogeoquímico (EDWARDS, *et al.*, 2024).

4.1.1 Manutenção de amônia não ionizada ou livre em água

Nas cinco áreas analisadas, esse composto químico foi identificado. Sua permanência nesses locais está ligada a duas variáveis, uma física e outra química, que identificam, na resolução 357 (BRASIL, 2005), a qualidade da água: temperatura e pH. A forma livre ocorre quando o segundo parâmetro tem um caráter alcalino (dos REIS; MENDONÇA, 2009; SILVA *et al.*, 2014), essa etapa intensifica a toxicidade desse gás no meio aquático, o que compromete a fauna aquática, e a água apresenta duas características alteradas: odor e sabor (MAZARI-HIRIART *et al.*, 2008; SAALIDONG *et al.* 2025), uma vez que, no estado normal, quanto às concentrações de amônia, a água é inodora e insípida.

No caso da temperatura e do pH, em A5, foram identificados, respectivamente, 25,30 °C e 6,53 para uma concentração de 1,50 mg/L (Figura 10a). Isso indica que a concentração de amônia não ionizada ou livre (NH_3), foi aumentada. Estudos realizados sobre essa relação (BOYD; TUCKER, 1992; FÉLIX; CARDOSO, 2004) concluiu que isso cria uma certa faixa de amônia livre equivalente a 0,60 mg/L. A faixa identificada para amônia não ionizada ou livre, em Paragominas, nessas condições de temperatura e pH medidos, foi duas vezes maior (1,21).

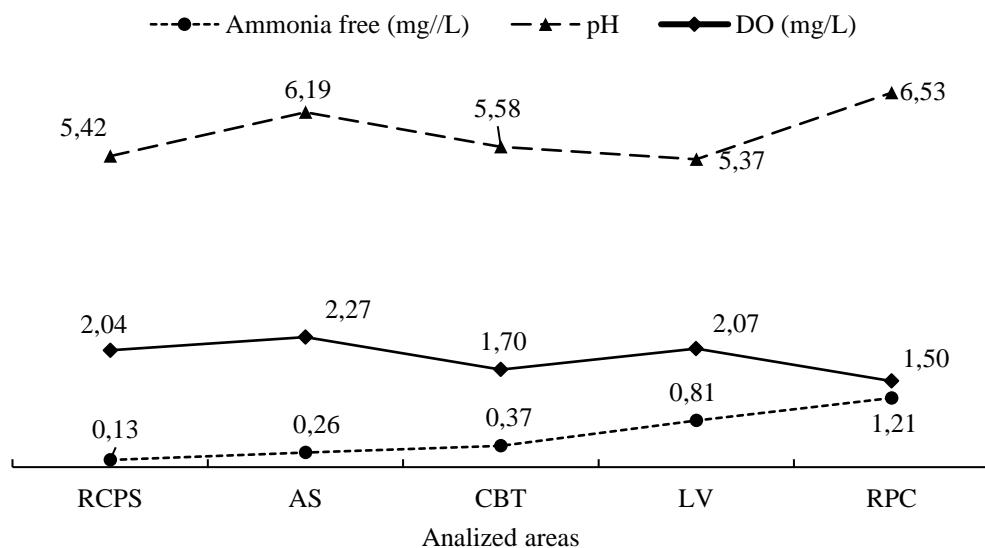
Figura 10a – Dados comparativos sobre a concentração da amônia não ionizada, oscilações de pH e tendências de variações de temperatura nas cinco áreas analisadas no trecho urbano do córrego Paragominas, no município homônimo. Estado do Pará. Brasil.



Legenda: RCPS, Rodovia Constantino Pereira ao Sacramento (A1); Avenida Selecta (A2); Bairro Camboatã (A3); Lago Verde (A4); Rua Padre Carvalho (A5). Fonte: autores (2025).

Quanto à ação do OD e do pH em relação à concentração de amônia não ionizada nas cinco áreas analisadas, a variação na concentração do primeiro parâmetro de qualidade da água atua diretamente na concentração de amônia não ionizada (Figura 10b).

Figura 10b – Dados comparativos sobre a concentração da amônia não ionizada, oscilações de pH e tendências das concentrações de OD nas cinco áreas analisadas no trecho urbano do córrego Paragominas, no município homônimo. Estado do Pará. Brasil.



Legenda: RCPS, Rodovia Constantino Pereira do Sacramento (A1); Avenida Selecta (A2); Bairro Camboatã (A3); Lago Verde (A4); Rua Padre Carvalho (A5). Fonte: autores (2025).

Essa ação direta do OD sobre a amônia não ionizada (WANG *et al.*, 2023) é um fator preponderante para que ocorra a nitrificação: (oxidação e formação de nitrito, nitrato e nitrogênio orgânico), ou seja, há uma contribuição direta para a continuidade do ciclo do nitrogênio orgânico que retorna ao meio ambiente. Essa importância do OD para a nitrificação se deve à disponibilidade de ações bacterianas (*Nitrosomonas*, *Nitrobactérias*, reação aeróbia), além de mitigar o efeito tóxico da amônia (HOSSAIN; FAKHRUDDIN; KHAN, 2007).

Na gestão de recursos hídricos, o monitoramento da concentração de água é essencial quando envolve crescimento populacional devido ao aumento do consumo de água e à geração de efluentes domésticos. Em estudo realizado como revisão de literatura sobre (SILVA JÚNIOR, 2024), identificou-se que o crescimento populacional influencia o volume de efluentes domésticos gerados (CARVALHO; FERRAZ, 2007). Como resultado, a oferta de DO tende a diminuir devido à decomposição da MO. Em Paragominas, em 2010, a população equivalia a 97.819 habitantes (IBGE, 2010), no censo realizado em 2022, a população era de 105.508 habitantes (IBGE, 2022). NH_3

Ainda nesse município, em 2022, 7.044 habitantes (6,67%) tinham seu banheiro residencial conectado à rede de saneamento. Os demais são descontínuos com esse serviço, ou seja, seus resíduos

são destinados a: buracos, valas, rios, córregos, entre outros (IBGE, 2022). Portanto, os resíduos e efluentes gerados durante a higiene pessoal podem estar fluindo para os dois corpos d'água, especialmente o córrego Paragominas que corta a área urbana deste município. Como esse resíduo origina amônia livre por decomposição dessa MO, uma de suas origens, é explicado.

Observou-se nas duas últimas áreas A4 - Lago Verde (Figura 11a), a cobertura vegetal é inexistente, portanto a radiação solar é mais efetiva, e a temperatura sobe: a partir de 23,95° C. Em A3, onde há presença de vegetação arbórea marginal (Figura 11b), a 26,75°C, o que induz um aumento na concentração de (WERKNEH; GEBRU, 2023). Outro fato: na ANH₃, não há plantas aquáticas porque esse tipo de vegetação é limpo diariamente. Na relação causa-efeito, em A5, há um aumento na concentração de nitrogênio. Esse efeito provoca maior disponibilidade de nitrogênio, que é consumido pela vegetação aquática, o que permite sua disseminação. Nesta área (Figura 11c) porque a absorção de NH₃.(NH₃) como fonte de nitrogênio atua na proliferação dessa vegetação que, devido à cobertura vegetal marginal, não se dissipa uma vez que a radiação solar não entra na coluna d'água (Figura 11d).

Figura 11 – a) Lago Verde sem plantas aquáticas e cobertura marginal; b) Camboatã, com cobertura marginal (margem esquerda) e plantas aquáticas; c) crescimento da vegetação aquática; d) Sombreamento causado pela vegetação arbórea marginal. Igarapé Paragominas, no município homônimo. Pará. Brasil.

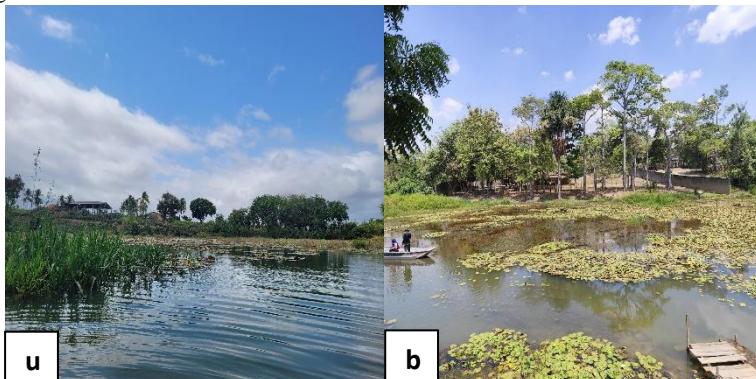


Fonte: autores (2025).

4.1.2 Degradação de amônia não ionizada ou livre em água

Uma das formas de degradação do , é a absorção via plantas aquáticas e algas. Nos dados obtidos e analisados, verifica-se que nas três primeiras áreas, houve aumento na concentração desse gás (A1 = 0,13 mg/L; A2 = 0,26 mg/L; A3 = 0,37 mg/L). Estudo realizado sobre este tema (von SPERLING, 1996) em Lagos correlacionou o uso e ocupação do solo com alta concentração de algas, assoreamento e presença de macrófitas. Em A1, ainda são encontrados sítios agrícolas (Figura 12a) e áreas de lazer nas margens do córrego, como em A2 (Figura 12b).

Figura 12 – a) local e macrófitas observadas em A1; b) Área do laser na margem (direita) em A2, também com presença de macrófitas e algas.



Fonte: autores (2025).

O pH também causa solubilidade desse gás. No entanto, em duas áreas (A2; 6,19; A3 = 5,58), os valores intermediários estão entre baixo ácido e quase neutro. A pesquisa de referência para esses argumentos, com base nos dados encontrados, foi descrita pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB (SÃO PAULO, S/D).

Nas duas últimas áreas (**A4** = 0,81 mg/L; pH = 5,37; **A5**, 1,21 mg/L; pH = 6,53), focando neste último, o pH é alcalino. Esse estado químico da água tende a aumentar a amônia não ionizada no ambiente aquático e, com isso, percebe-se que a concentração de OD tende a aumentar. Estudo baseado na relação de causa e efeito dessas duas variáveis para a qualidade da água (ADAMANTE, 2005; BRASIL, 2005) Concluiu-se que o OD atua indiretamente sobre o , uma vez que sua ação direta no meio aquático ocorre sobre o catabolismo e o anabolismo dos organismos do meio aquático.

5 CONCLUSÃO

Os dados de amônia livre nas cinco áreas do trecho urbano do córrego Paragominas indicam que há um estágio de poluição em crescimento, uma vez que os parâmetros DO, pH e temperatura, em quatro delas (A1, A2, A3 e A4), e o aumento da concentração de amônia livre em A5, podem estar desaguando no rio Uraim, sem qualquer tipo de tratamento. A expansão do crescimento populacional e a falta de monitoramento do saneamento básico no município ainda não apresentam equidade.

A alteração física provocada no meandro do córrego Paragominas, associada à expansão da urbanização horizontal, à inexistência de locais públicos como áreas de lazer e atividades pesqueiras, induz comunidades com hipossuficiência econômica a utilizarem os lagos formados na área periférica urbana de Paragominas, principalmente as crianças, como observado ao longo desta pesquisa. A pesca, além de esportiva, também é utilizada como provedora nutricional, uma vez que fogueiras eram observadas durante os banhos recreativos ali praticados.

Como antes não havia dados que identificassem o estado atual da qualidade da água, espera-se que os gestores municipais aproveitem para desenvolver ações que podem não intervir ou mesmo melhorar as áreas que hoje são utilizadas para lazer, ou mesmo fazer uma realocação planejada de plantas flutuantes, mantendo-as sob controle populacional e deixando-as agir em prol da qualidade da água. Além disso, um programa de reflorestamento com espécies nativas, às margens do córrego Paragominas no trecho urbano contribuirá para o cumprimento das diretrizes do Plano Municipal de Recursos Hídricos do município.

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece à Universidade do Estado do Pará pela concessão da bolsa de doutorado. Os dados referentes à concentração de amônia, proposição quanto à origem, quantidade e alterações na qualidade da água nas cinco áreas do trecho urbano, compõem os Cenários I e III das teses de doutorado do primeiro automóvel, desenvolvidas no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) dessa instituição de ensino superior. Ao Sr. Ruy Marcos Minto pelos muitos traslados do barco de alumínio, ao Sr. Ráulison Dias Pereira (Técnico de Topografia). Por fim, agradecemos à Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Paragominas (SEMMA) pela concessão de permissão para esta pesquisa, bem como pela geração de dados úteis para a conservação dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. P.; KLUSKA, M.; ALMEIDA, S. M. Z. Caracterização ambiental e análise da água superficial do percurso urbano do rio Xanxerê. *Unoesc & Ciência – ACET*, Joaçaba, v. 5, n. 1, p. 31-38, 2014.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. ANA define prioridade para saneamento básico em 2025 e 2026. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/ana-define-prioridades-para-saneamento-basico-em-2025-e-2026>. Acesso em: 10 mar. 2025.

ANH, N. T. et al. Influences of key factors on river water quality in urban and rural areas: a review. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, [S.I.], v. 8, 100424, 2023. DOI: 10.1016/j.cscee.2023.100424.

APHA. American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 16. ed. Washington: APHA, 1985.

ADAMANTE, W. B. Estresse de alevinos de dourado e mandi sob diferentes densidades e tempos de transportes. 2005. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. Water quality and pond soil analyses for aquaculture. Auburn: Alabama Agricultural Experimental Station, Auburn University, 1992.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 20, de 18 de janeiro de 1986. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. Diário Oficial da União, Brasília, 1986. Disponível em: <https://www.normasbrasil.com.br/norma/?id=94894>. Acesso em: 14 mar. 2025.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União, Brasília, 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acesso em: 10 mar. 2025.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 2005. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450. Acesso em: 14 mar. 2025.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Diário Oficial da União, Brasília, 2011. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 30 jan. 2025.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651.htm. Acesso em: 12 mar. 2025.

CARVALHO, D. S. A.; FERRAZ, P. R. O crescimento populacional e a gestão de resíduos domésticos. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 1., 2007, Rio Grande do Sul. Anais [...]. Rio Grande do Sul: [s.n.], 2007. Disponível em: <http://www.residuossolidos.com.br/anais>. Acesso em: 10 mar. 2025.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Amônia. [S.l.]: CETESB, [2025]. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-de-peixes/amonia/>. Acesso em: 28 mar. 2025.

CHAGAS, A. P. A síntese da amônia: alguns aspectos históricos. Química Nova, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 240-247, 2007. DOI: 10.1590/S0100-40422007000100039.

DANTAS, M. S. et al. Municipal wastewater discharge standards for ammonia nitrogen in Brazil: technical elements to guide decisions. Water Science & Technology, [S.l.], v. 85, n. 12, p. 3481-3492, 2022. DOI: 10.2166/wst.2022.177.

EDWARDS, T. M. Ammonia and aquatic ecosystems – a review of global sources, biogeochemical cycling, and effects on fish. Science of the Total Environment, [S.l.], v. 907, 167845, 2024. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.167845.

EPA. Environmental Protection Agency. Ammonia. [S.l.]: EPA, 2025. Disponível em: <https://www.epa.gov/ammonia>. Acesso em: 10 mar. 2025.

ERICSON, R. J. An evaluation of mathematical models for the effects of pH and temperature on ammonia toxicity to aquatic organisms. Water Research, [S.l.], v. 19, n. 8, p. 1047-1058, 1985. DOI: 10.1016/0043-1354(85)90375-0.

FELIX, E. P.; CARDOSO, A. A. Amônia (NH₃) atmosférica: fontes, transformação, sorvedouros e métodos de análise. Química Nova, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 123-130, 2004. DOI: 10.1590/S0100-40422004000100023.

FRENEY, J. R.; SIMPSON, J. R. Ammonia volatilization. In: CLARK, F. E.; ROSSWALL, T. (Eds.). Terrestrial nitrogen cycles. Estocolmo: Ecological Bulletin, 1981. v. 33, p. 291-302.

FREITAS, B. F. et al. O uso de operadores como estratégia de busca em revisões de literatura científica. Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences, [S.l.], v. 5, n. 3, p. 652-664, 2023. DOI: 10.36557/2674-8169.2023.5.3.652.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. Manual prático de análise de água. 4. ed. Brasília: Funasa, 2013.

GUIMARÃES, G. P.; MELLO, W. Z. Estimativa do fluxo de amônia na interface ar-mar na Baía de Guanabara – estudo preliminar. *Química Nova*, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 54-60, 2006. DOI: 10.1590/S0100-40422006000100011.

HOSSAIN, M.; FAKHRUDDIN, A. N. M.; KHAN, S. I. Impact of raw water ammonia on surface water treatment processes and its removal by nitrification. *Bangladesh Journal of Microbiology*, [S.l.], v. 24, n. 2, p. 85-89, 2007. DOI: 10.3329/bjm.v24i2.1258.

HUANG, J.-C.; SHANG, C. Air stripping. In: *ADVANCED PHYSICOCHEMICAL TREATMENT PROCESSES*. Totowa: Humana Press, 2006. p. 47-78.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html>. Acesso em: 1 jan. 2025.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Arranjos populacionais e concentrações urbanas do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-demografico-2022.html>. Acesso em: 1 jan. 2025.

IDM. Instituto de Desenvolvimento Mamirauá. BioEstat 5.3. [S.l.]: IDM, 2023. Disponível em: <https://www.mamiraua.org.br/bioestat>. Acesso em: 12 mar. 2025.

IP, Y. K.; CHEW, S. F.; RANDALL, D. J. Ammonia toxicity, tolerance, and excretion. *Fish Physiology*, [S.l.], v. 20, p. 109-148, 2001. DOI: 10.1016/S1546-5098(01)20006-2.

IVAN, I. et al. Physicochemical water parameters – limiting factors on the rainbow trout growth recirculating aquaculture systems. *Scientific Papers. Series D. Animal Science*, [S.l.], v. 67, n. 2, p. 123-130, 2024.

LIANG, Y. et al. Monitoring water quality parameters in urban rivers using multisource data and machine learning approach. *Journal of Hydrology*, [S.l.], v. 648, 130483, 2025. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2025.130483.

LIMA, R. G. et al. Concentrações de amônio na água da chuva e estimativa de emissão de amônia de rebanhos domésticos de Pinheiro e Viana, Baixada Maranhense. *Química Nova*, São Paulo, v. 32, n. 9, p. 2273-2276, 2009. DOI: 10.1590/S0100-40422009000900006.

LIOYD, S. et al. Predicting recreational water quality and public health safety in urban estuaries using Bayesian Networks. *Water Research*, [S.l.], v. 254, 121319, 2024. DOI: 10.1016/j.watres.2024.121319.

MAZARATI-HIRIART, A. et al. Microbiological implications of periurban agriculture and water reuse in Mexico City. *PLOS ONE*, [S.l.], v. 3, n. 5, e2305, 2008. DOI: 10.1371/journal.pone.0002305.

MEDHI, K. Integrated assessment of ammonia-nitrogen in water environments and its exposure to ecology and human health. In: AHAMAD, A.; ILAHI, S.; SINGH, P. (Eds.). Contamination of water: health risk assessment and treatment. [S.l.]: Elsevier, 2021. p. 199-216.

MOEINZADEH, A.; YONG, K. T.; WITHANA, A. A critical analysis of parameter choices in water quality assessment. *Water Research*, [S.l.], v. 258, 121777, 2024. DOI: 10.1016/j.watres.2024.121777.

PAST. Palaeontological Statistics. [S.l.]: [s.n.], 2024. Disponível em: <https://www.baixesoft.com/download/past>. Acesso em: 26 mar. 2025.

PARÁ. Perfil econômico vocacional dos municípios paraenses. Belém: Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas do Pará – FAPESPA, 2022 Mozilla/5.0 (Windows NT 10.0; Win64; x64) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) Chrome/128.0.0.0 Safari/537.36