

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

 <https://doi.org/10.56238/sevened2025.011-026>

Antônio Pereira Júnior

Doutoranda em Ciências do Ambiente
Universidade do Estado do Pará, Brasil
Correio eletrônico: antonio.junior@uepa.br

Gundisalvo Piratoba Morales

Doutoramento em Ciências Geoquímicas e Petrografia
Universidade do Estado do Pará, Brasil
Correio eletrônico: gundymorales@gmail.com

Norma Ely Santos Beltrão

Doutor em Desenvolvimento Sustentável
Universidade do Estado do Pará, Brasil
Correio eletrônico: normaely@uepa.br

Ana Júlia Soares da Silva Barbosa

Doutorado em Engenharia de Recursos Naturais na Amazônia
Universidade do Estado do Pará, Brasil
Correio eletrônico: anajulia.barbosa@uepa.br

Lucy Anne Cardoso Lobão Gutierrez

Doutoramento em Geologia e Geoquímica
Universidade do Estado do Pará, Brasil
Correio eletrônico: lucuannegutierrez@uepa.br

Edmir dos Santos Jesus

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

Hebe Morgane Campos Ribeiro

Doutoramento em Engenharia Eletrotécnica
Universidade do Estado do Pará, Brasil
E-mail: hebemct@gmail.com

Maik Cauan Silva Reoliano

Licenciatura em Química
Universidade do Estado do Pará, Brasil
Correio eletrônico: maik.csreoliano@aluno.uepa.br



RESUMO

O amoníaco não ionizado ou livre é a substância azotada mais tóxica no ambiente aquático e a ausência de informação sobre o mesmo provoca 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, foi indicada a ocorrência de amônia não ionizada ou livre. Indicaram ainda que, em áreas onde a aglomeração populacional é menor, a concentração desse gás, em mg/L, também é menor (A1, $0,13 \pm 0,04$) e, proporcionalmente, à menor quantidade de efluentes que entram na área de amostragem; à medida que este aglomerado cresce, cresce também a concentração (A2, $0,26 \pm 0,04$; A3, $0,37 \pm 0,17$; A4, $0,81 \pm 0,44$), dependendo da ocorrência inversa; a temperatura da água apresentou tendência crescente (A4, $26,75 \pm 0,92$); a concentração de OD em mg/L foi mais efetiva em A2 ($2,27 \pm 0,81$), em oposição à identificada em E5 ($1,50 \pm 0,36$). Por fim, observou-se que o crescimento da aglomeração populacional ocorreu em A2, A3 e A4, 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 causa problemas ao córrego Paragominas e à falta de informação sobre isso, determina uma gestão ineficiente quanto à qualidade da água neste afluente, na margem direita, do rio Uraim.

Palavras-chave: Águas residuais. Crescimento populacional. 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 têm sérios problemas em relação a essa qualidade, devido ao desenvolvimento desordenado econômico (UNESCO, 2025) e social (TUNDISI, 2008). Outro problema é a deficiente infraestrutura de saneamento básico (ANA, 2025) associada às águas residuais lançadas 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 descarga de efluentes, no Brasil possui diretrizes definidas por legislação própria (BRASIL, 2011). Os municípios também o fazem (PARAGOMINAS, 2014). No entanto, o crescimento populacional que neles ocorre 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 ao sexto objetivo 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, tais como: pH, oxigênio dissolvido – OD; compostos nitrogenados como amônia não ionizada ou livre NH_3 (BRASIL, 2005; 2011) Para identificá-los e medi-los, existem vários mecanismos, como kits para análise. Com tudo isso, a lacuna de 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 coletadas (PASSOS *et al.*, 2019).

O maior problema do NH_3 , no ambiente aquático, é a sua toxicidade, uma vez que é dependente do ciclo biogeoquímico do azoto (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 amônia ionizada, uma vez que sua toxicidade é menor em águas superficiais (IP; MASTIGAR; RANDALL, 2001). Além disso, há uma diminuição nos 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 o conhecimento sobre a sua gênese a partir de duas fontes principais: natural e antrópica deve ser objeto de observações constantes, com especial atenção para a segunda (DANTAS *et al.*, 2022). Especialmente em municípios onde o desenvolvimento econômico e populacional aumenta a densidade e aglomerações urbanas, e onde as áreas de lazer estão localizadas na periferia (LLOYD *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 NH_3 *et al.*, 2023; LIANG *et al.*, 2025).

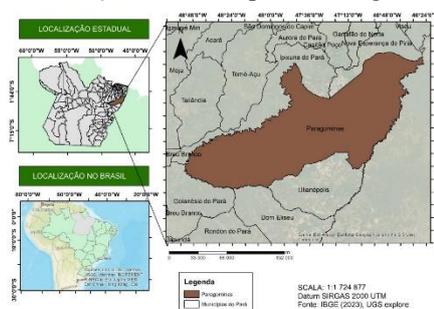
Todas essas abordagens estão associadas ao córrego Paragominas, no município de mesmo nome, Pará, Brasil. O mais grave é a ausência de informação hidrológica sobre a qualidade da água devido à sua presença, o que gera uma gestão insuficiente deste recurso hídrico. Isso justificou e aumentou a relevância desta pesquisa, cujos objetivos foram: 1) identificar a presença ou ausência de , desde o início do perímetro urbano até o desaguamento no rio principal; 2) caracterizar as influências antropogênicas das áreas urbanizadas na qualidade da água deste ribeiro 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°59'S; 47°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 ao esgotamento sanitário. A população era equivalente 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.



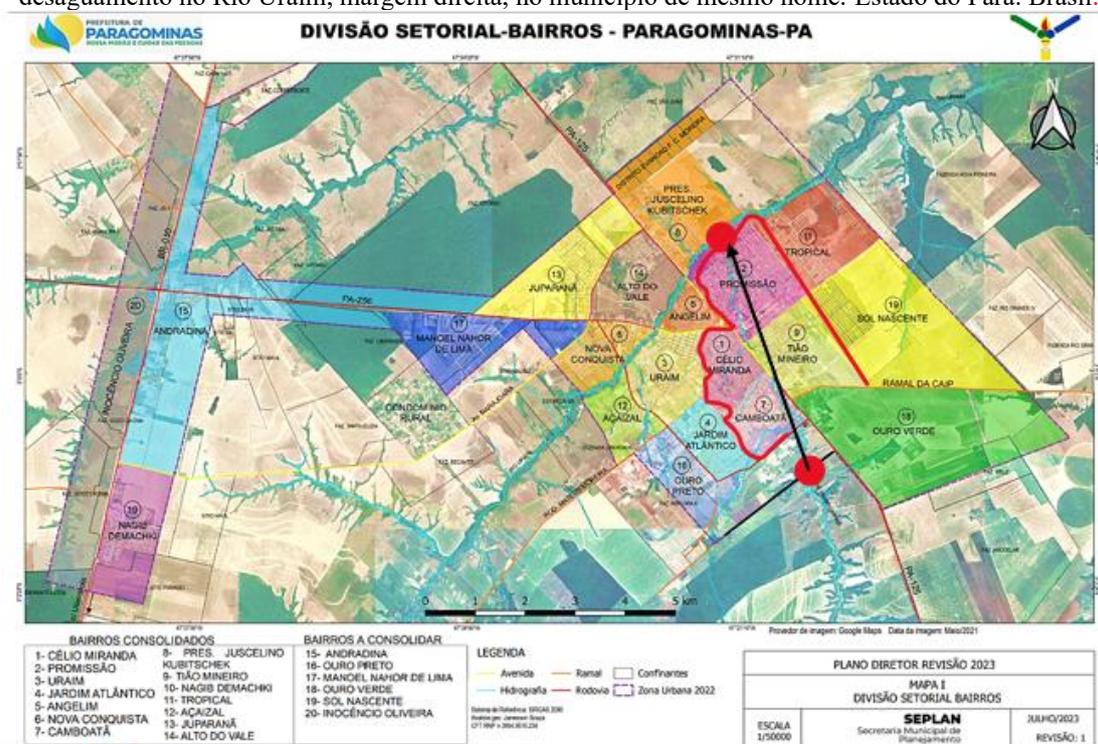
Elaborado por: Silva, G. R. (2025)

O clima na classificação de Köppen é equatorial *Ah* Expressivo, chuvoso tropical e seco logo. 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, em face do desmatamento para apoiar o crescimento da pecuária. A Lei Municipal nº 870 (PARAGOMINAS, 2014) rege o saneamento municipal

2.1.1 Área de Investigação

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, possuindo, no curso rural, 11 barragens (RODRIGUES *et al.*, 2020). Neste contexto, a área escolhida inicia-se na Rodovia Constantino Pereira do Sacramento, antiga Rodovia dos Pioneiros e se estende até a Rua Padre Carvalho (≈ 4,4 km, no sentido M → J). O caudal deste ribeiro para a bacia hidrográfica do Uraim encontra-se a 500 m desta 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 o desaguamento no Rio Uraim, margem direita, no município de mesmo nome. Estado do Pará. Brasil.



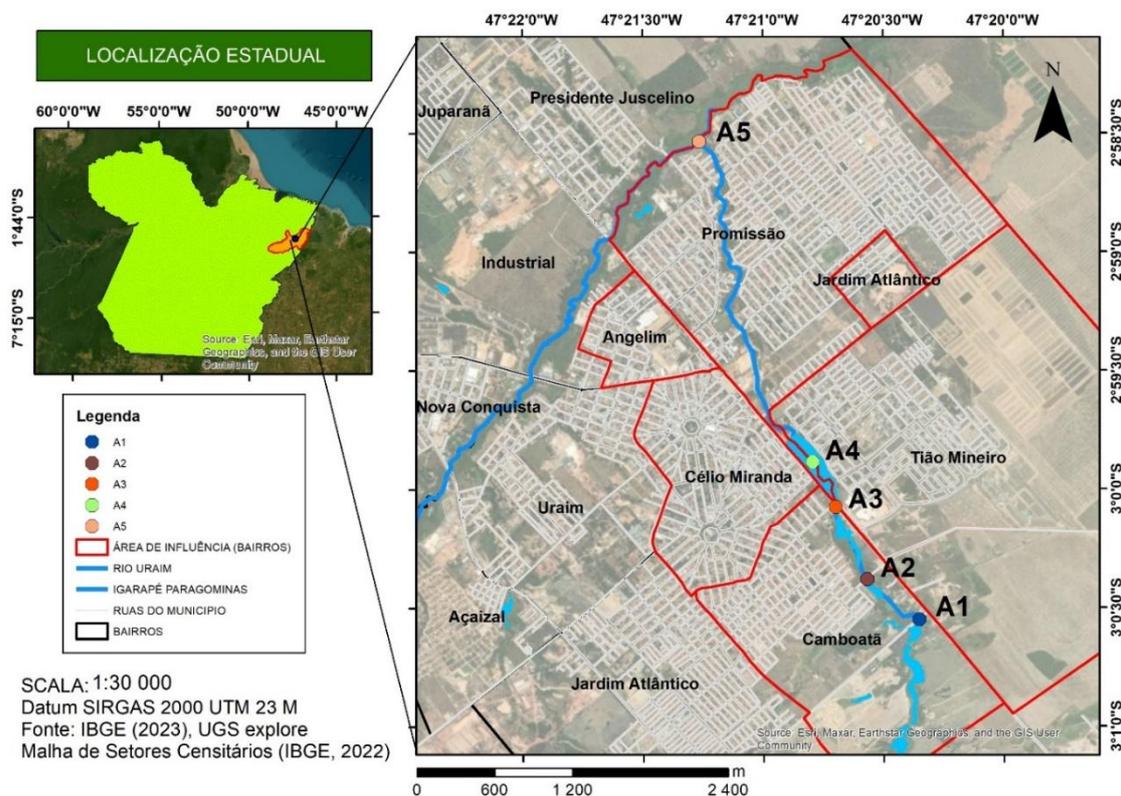
● Legendas: Córrego Paragominas, trecho urbano; . , extensão da área.
 Fonte: adaptado do original contido em Paragominas (2023).

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 D'Água, Seção I – Águas Doces, artigo 4º, inciso III, classe 2, águas poderão 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 antropogênicas contidas nos itens c, d e e, estão ligadas tanto a A1 quanto a A2.

2.1.2 Áreas selecionadas para amostragem

Nesta extensão, foram selecionadas cinco áreas, com base no critério de aglomerados populacionais, do menor ao maior, identificado como A1 - Rodovia Constantino Pereira do Sacramento, a 850 m da Rodovia PA 125, sentido W → E, da área da Fazendinha; A2 - Avenida Seleta, complexo residencial (bairro Camboatã), que anteriormente albergava inúmeras serrações; A3 - confluência da Rua Gregório Santos Araújo (bairro Camboatã); A4 - Lagoa Verde (bairro Tião Mineiro); A5 - Ponte sobre a Rua Padre Carvalho, no bairro 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 zona onde prevalecia uma lixeira a céu aberto, que foi sujeita a serviços de dragagem, ampliação do leito original. Atualmente possui uma 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), as faixas estabelecidas 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.

Incluem aqui os ecossistemas aquáticos, especialmente o córrego Paragominas, afluente da margem direita da Microbacia do Rio Uraim. No capítulo III, do Controle Ambiental, seção 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 por lei, nas três esferas legislativas: federal, estadual e municipal.

3 MÉTODOS

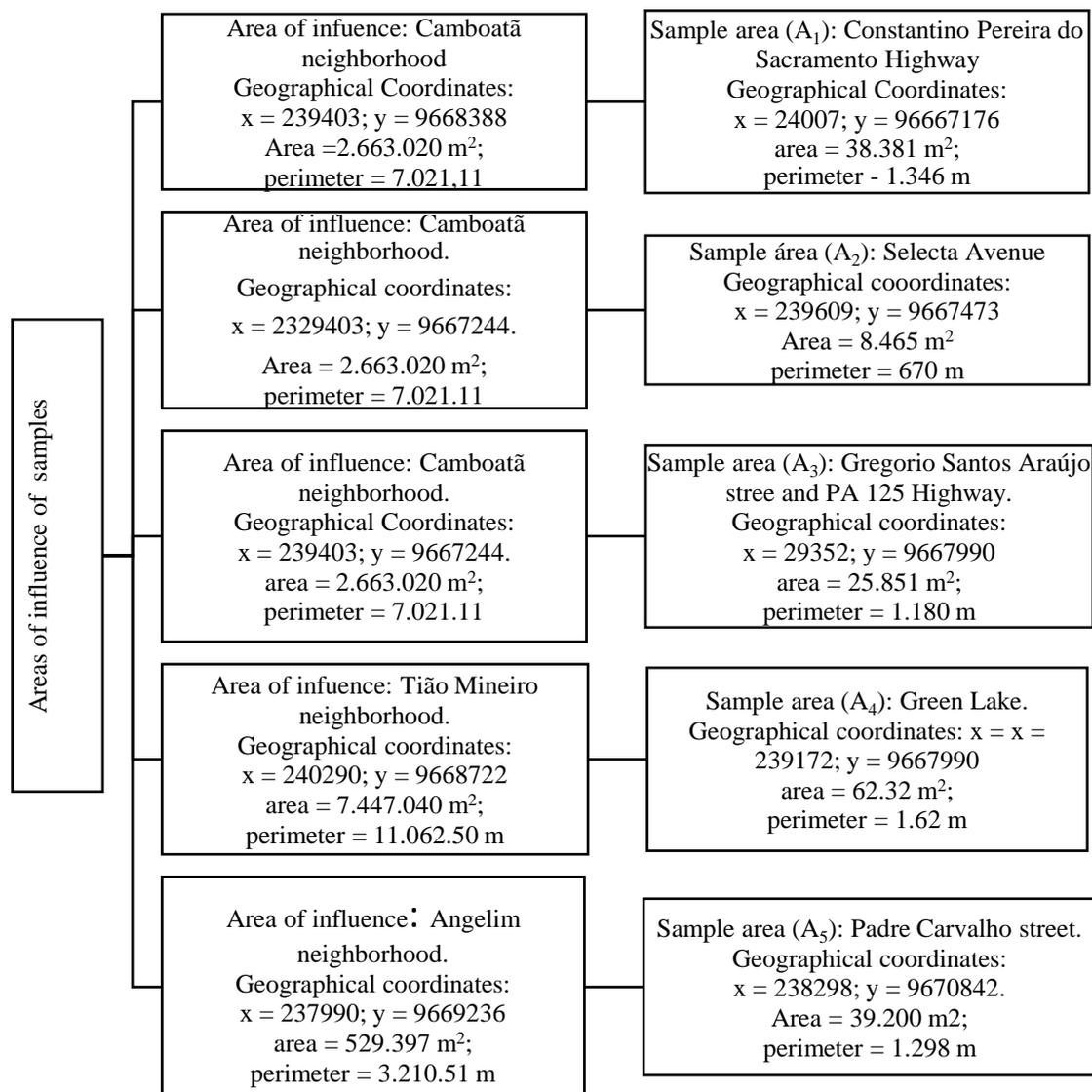
O método utilizado foi hipotético-dedutivo tendo em vista a lacuna de informação (PRODANOV; FREITAS, 2013) sobre a qualidade da água deste córrego junto aos órgãos gestores de água do município de Paragominas. Este método foi associado à abrangência quantitativa e qualitativa de natureza observacional (PEREIRA *et al.*, 2018). Neste caso, foi para 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.

4 OBTENÇÃO DE DADOS

4.1 PRIMÁRIO

Os dados primários foram obtidos a partir de amostragem 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 foram realizadas as coletas. Na seção urbana selecionada, 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 da água seguiu os parâmetros estabelecidos pelos Métodos Padrão para o Exame de Água e Águas Residuais (APHA, 1985). Para a amostragem, foram utilizados 10 frascos de borossilicato de vidro ($V = 500$ mL), com tampa roscada e revestidos com folha de alumínio. A coleta foi realizada pela manhã, a partir das 07h00, no período de transição seco-chuvoso, devido à tendência de aumento e possível perda atmosférica gasosa. Em seguida, foram armazenados em refrigerador para serem transportados para o Laboratório de Qualidade Ambiental (LQA), onde foram armazenados em refrigeradores a 4°C, para análise que ocorreu no dia seguinte à coleta.

4.2 EXAMES LABORATORIAIS

As análises laboratoriais ocorreram no dia 18 de fevereiro de 2025. Para realizar essa ação, foi utilizado o Amônia Tester, marca AKSO, que utiliza o método Nessler para identificar a quantidade de amônia nas cinco áreas do trecho urbano do córrego Paragominas. A temperatura da água amostrada a

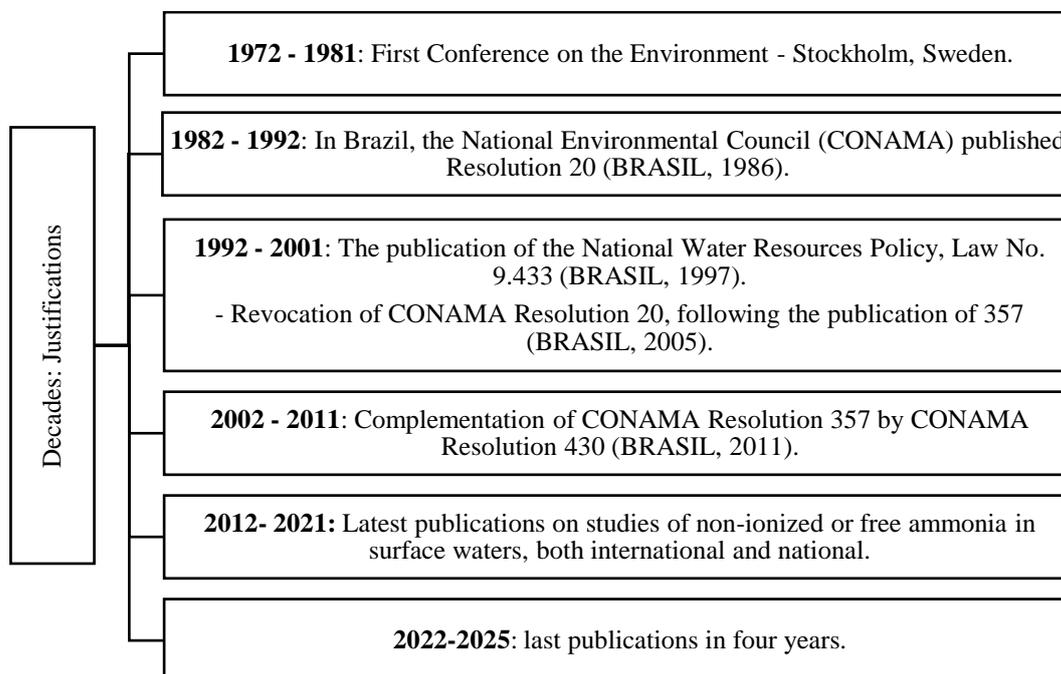
25 °C, com intervalo de medição entre 0,00 e 5,00 ppm com precisão ($\pm 0,10$ ppm + 5%) com volume amostral igual a 10 mL. O comprimento de onda equivalente a 455 nm. A base para essas análises foi apoiada pelas diretrizes estabelecidas pela Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2013).

5 DADOS SECUNDÁRIOS

Para a obtenção de dados secundários, foram acessados: *Links* 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 CAFE, Google Scholar, PLOS ONE, ResearchGate, Science Direct; Revista Virtual de Química, *Web of Science*, entre outros.

O limite temporal compreendeu os últimos 54 anos, divididos em cinco décadas e quatro anos, para ampliar o número de publicações com o objetivo de melhor subsidiar as discussões, com base em pesquisas e publicações inerentes ao tema desta pesquisa. Estes períodos permitiram uma efetiva interpretação e evolução dos estudos e da legislação nacional sobre este gás no meio aquático e suas implicações para a qualidade da água e seus habitantes (Figura 5).

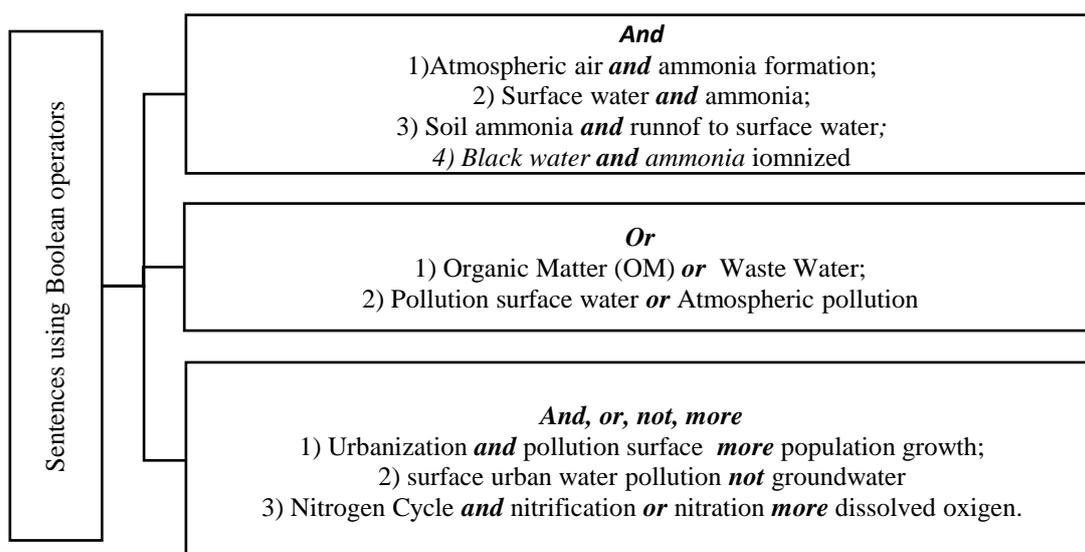
Figura 5 - As quatro décadas e meia utilizadas para compor o *corpus* desta pesquisa.



Fonte: autores (2025).

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

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



Fonte: autores (2025).

5.1 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-Wallis, com o software BioEstat 5.0 (IDM, 2023), para verificar a diferença entre as médias com o uso do software de *Estatística Paleontológica* (PAST, 2024). Para a Análise de Componentes Principais, aplicou-se o critério de Kaiser (autovalores < 1).

6 RESULTADOS OBTIDOS

A análise dos dados obtidos indicou que, nas cinco áreas analisadas, as concentrações de amônia livre ou não ionizada 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 amoníaco. (mg/l)	Água T (°C)	pH --	DE (mg/l)
Rodovia Constantino Pereira do Sacramento.	0.13	23.65	5.42	2.04
Avenida Seleta	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</i> < 0,05				

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).

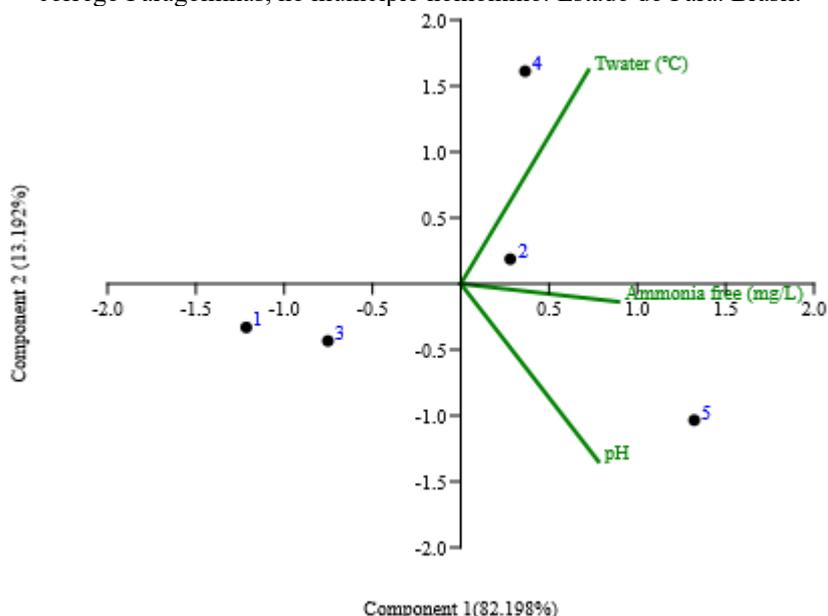
Tabela 2 – Autovalores e percentuais de variações dos principais componentes entre amônia não ionizada ou livre, temperatura e pH nas cinco áreas analisadas no trecho urbano do córrego Paragominas, no município de mesmo nome. Estado do Pará. Brasil.

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

Fonte: autores (2025).

Observa-se que a amônia não ionizada ou livre apresentou tendências para aumentos ou diminuições, sob a ação da temperatura e do pH, especialmente em A5 (Figura 7).

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



Legenda: 1 - RCPS, Rodovia Constantino Pereira do Sacramento (A1), 2 - Avenida Seleta (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. Neste caso, a variabilidade entre eles é de 85,09%, e são explicados por esses três componentes (Tabela 3).

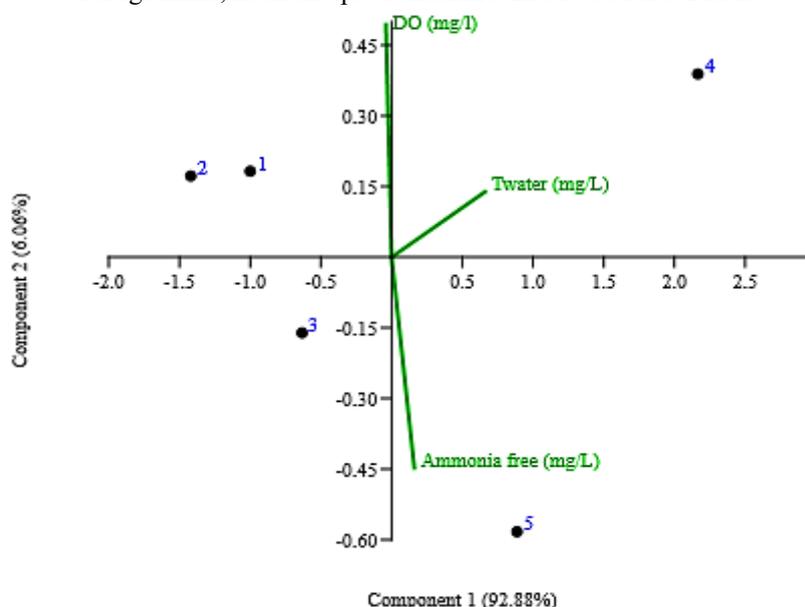
Tabela 3 - Autovalores e percentuais de variações dos principais componentes entre amônia não ionizada ou livre, temperatura e fornecimento de OD, nas cinco áreas analisadas no trecho urbano do Córrego Paragominas, no município de mesmo nome. Estado do Pará. Brasil.

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 amônia não ionizada ou livre são efetivas tanto pela temperatura quanto pela 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 Seleta, 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 na A4 e A5, de forma um pouco mais eficaz.

A ação do pH e DO 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 principais componentes entre a 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.

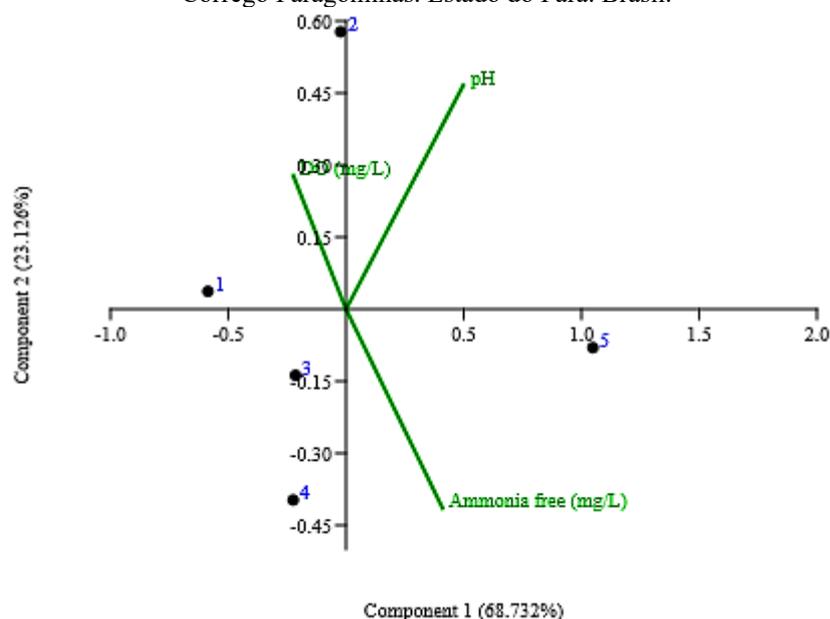
Componentes principais	Valor próprio	(%)Variação
1	0.385093	68.732
2	0.12957	23.126
3	0.0456166	8.1418

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 amônia não ionizada ou livre, em função do pH, causaram um rápido

crescimento deste gás, sendo mais efetivas em A2. A OD, por outro lado, reduz a concentração de em NH_3 A5 (Figura 9).

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



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

7 DISCUSSÕES

7.1 ORIGEM

No córrego Paragominas, tendem a apresentar inúmeras origens: aspetos fisiológicos da fauna e flora aquáticas, solo, atmosfera, resíduos sólidos, crescimento populacional, entre outros. Estudo (QUEIROZ; BOEIRA, 2007) sobre a gênese em ecossistemas aquáticos, inicia-se no processo catabólico dos habitantes aquáticos que os excretam. Eles também podem vir do solo, especialmente aqueles onde há uso frequente de fertilizantes (agricultura e pecuária) contendo NH_3 (WISKICH; RAPSON, 2023) que libertam cerca de 20% deste gás para a água. A queima de combustíveis à base de petróleo, excrementos humanos (SILVA, J.; SILVA, T.; BECKER, 2016) e catalisadores de veículos, em 80% (GUIMARÃES; de MELLO, 2006).

Nesses ecossistemas, o , tem origem bacteriológica, desde que esses microrganismos tenham sido responsáveis pelo processo de degradação residual da OM 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 das águas residuais, lixões que se estabelecem, sejam temporários ou permanentes, em locais inadequados (SILVA NH_3 (NH_3 (*et al.*, 2018) geram entrada de MO, e isso se torna um fator limitante para , que depende do processo de mineralização e imobilização desta OM, além do ciclo do nitrogênio e consequente nitrificação (FRENEY; SIMPSON, 1981). NH_3

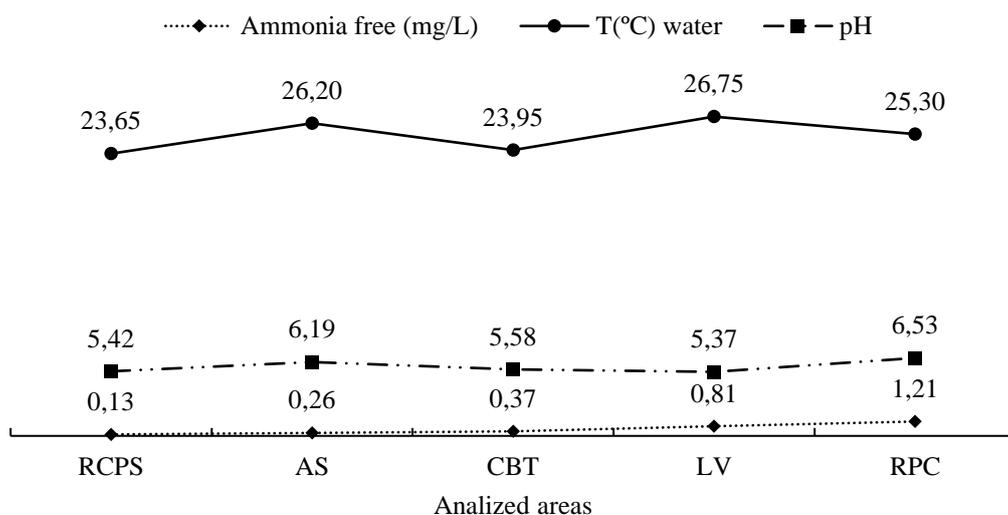
Os sedimentos também contribuem para a gênese do NH_3 . No entanto, isso só ocorrerá se a concentração microbacteriana, responsável pela decomposição da OM que, neste local, se acumulou. Neste caso, a forma de degradação é a partir da mineralização de N_2 (EPA, 2025). Entre as fontes antropogênicas condizentes com a economia de Paragominas, destaca-se o uso de fertilizantes sintéticos e pecuária, esta última, via excrementos nitrogenados (ureia, ácido úrico). Tais fontes já foram identificadas a partir do estudo do ciclo biogeoquímico (EDWARDS, *et al.*, 2024).

7.1.1 Manutenção de amoníaco não ionizado ou livre na água

Nas cinco áreas analisadas, este 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), esta etapa intensifica a toxicidade deste 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; 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 25,30 °C e 6,53, respectivamente, para uma concentração de 1,50 mg/L (Figura 10a). Isto indica que a concentração de amoníaco não ionizado ou livre (NH_3), foi aumentada. Estudos realizados sobre esta relação (BOYD; TUCKER, 1992; FÉLIX; CARDOSO, 2004) concluiu que isso cria uma certa gama de amônia livre equivalente a 0,60 mg/L. O intervalo identificado para amônia não ionizada ou livre, em Paragominas, nessas condições de temperatura e pH medidos, foi duas vezes maior (1,21).

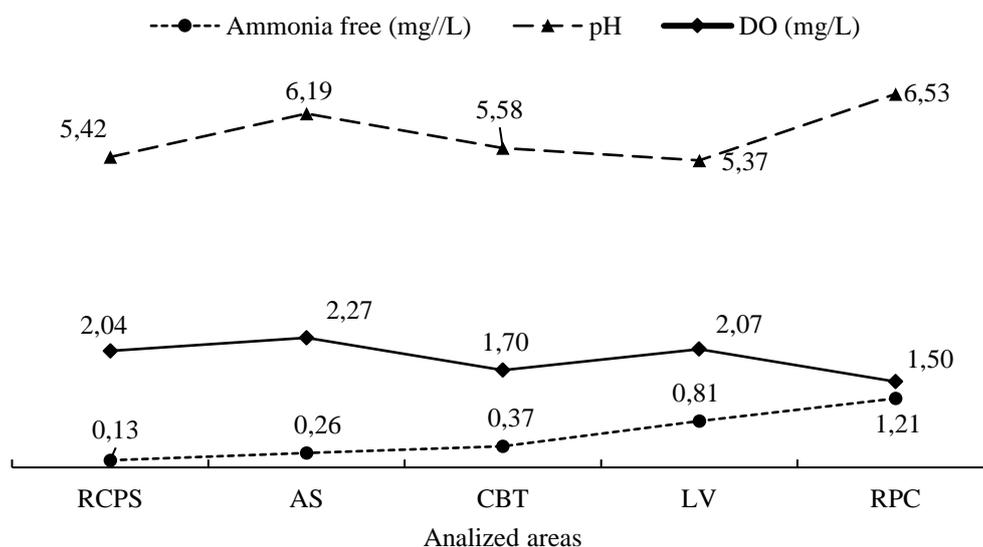
Figura 10a – Dados comparativos sobre a concentração de amônia não ionizada e oscilações de pH e tendências de variações de temperatura nas cinco áreas analisadas no trecho urbano do córrego Paragominas, no município homônimo. Estado do Pará. Brasil.



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

Quanto à ação da 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 de 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 Seleta (A2); Bairro Camboatã (A3); Lago Verde (A4); Rua Padre Carvalho (A5). Fonte: autores (2025).

Esta ação direta da OD sobre o amoníaco não ionizado (WANG *et al.*, 2023) é um fator preponderante para que ocorra a nitrificação: (oxidação e formação de nitrito, nitrato e azoto orgânico), ou seja, há uma contribuição direta para a continuidade do ciclo do azoto orgânico que regressa ao

ambiente. Esta importância da OD para a nitrificação deve-se à disponibilidade de ações bacterianas (*Nitrosomonas*, *Nitrobactérias*, reação aeróbia), bem como mitigar o efeito tóxico da amônia (HOSSAIN; FAKHRUDDIN; KHAN, 2007).

Na gestão dos recursos hídricos, o monitoramento da concentração hídrica é essencial quando envolve o 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 era equivalente a 97.819 habitantes (IBGE, 2010), no censo realizado em 2022, a população era de 105.508 habitantes (IBGE, 2022). NH_3

Também neste município, em 2022, 7.044 habitantes (6,67%) tiveram 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 atravessa a área urbana deste município. Como este resíduo origina amoníaco livre por decomposição desta OM, uma das suas origens, é explicado.

Foi observado nas duas últimas áreas A4 - Lago Verde (Figura 11a), a cobertura vegetal é inexistente, por isso a radiação solar é mais eficaz, e a temperatura aumenta: a partir de 23,95° C. Na A3, onde há a presença de vegetação arbórea marginal (Figura 11b), a 26,75°C, o que induz um aumento na concentração de (WERKNEH; GEBRU, 2023). Outro facto: na ANH_3 , não há plantas aquáticas porque este tipo de vegetação é limpa diariamente. Na relação causa-efeito, em A5, há um aumento na concentração de Este efeito provoca uma maior disponibilidade de azoto, que é consumido pela vegetação aquática, o que permite a sua disseminação. nesta área (Figura 11c) porque a absorção de NH_3 (NH_3) como fonte de azoto atua na proliferação desta vegetação que, devido à cobertura vegetal marginal, não se dissipa uma vez que a radiação solar não entra na coluna de água (Figura 11d).

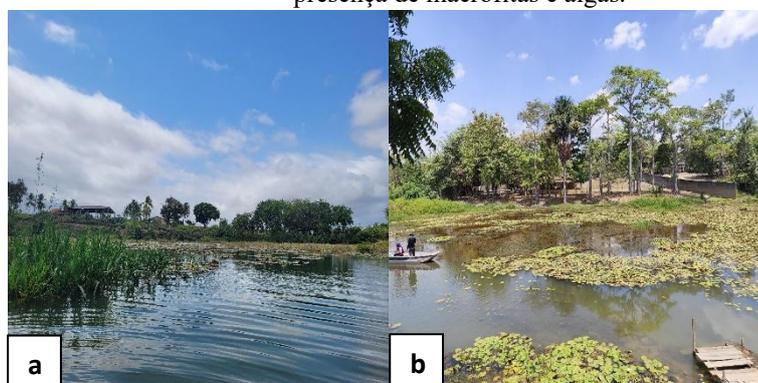
Figura 11 – a) Lago Verde sem plantas aquáticas e cobertura marginal; b) Camboatã, com cobertura marginal (margem esquerda) e plantas aquáticas; c) crescimento da vegetação aquática; d) Sombreamento causado pela vegetação arbórea marginal. Igarapé Paragominas, no município homônimo. Pará. Brasil.



7.1.2 Degradação do amoníaco não ionizado ou livre na água

Uma das formas de degradação do NH_3 é a absorção através de plantas aquáticas e algas. Nos dados obtidos e analisados, verifica-se que nas três primeiras áreas, houve aumento na concentração deste gás ($A1 = 0,13 \text{ mg/L}$; $A2 = 0,26 \text{ mg/l}$; $A3 = 0,37 \text{ mg/l}$). Estudo realizado sobre este tema (von SPERLING, 1996) em Lagos correlacionou uso e ocupação do solo com alta concentração de algas, assoreamento e presença de macrófitas. Na A1, ainda se encontram sítios agrícolas (Figura 12a), e áreas de lazer nas margens do córrego, como na A2 (Figura 12b).

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



Fonte: autores (2025).

O pH também causa solubilidade deste 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, sem data).

Nas duas últimas áreas ($A4 = 0,81 \text{ mg/L}$; $\text{pH} = 5,37$; $A5, 1,21 \text{ mg/L}$; $\text{pH} = 6,53$), com foco neste último, o pH é alcalino. Este 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 causa-efeito dessas duas variáveis para a qualidade da água (ADAMANTE, 2005; BRASIL,

2005) Concluiu-se que o DO atua indiretamente sobre o , uma vez que sua ação direta no meio aquático ocorre sobre o catabolismo e anabolismo dos organismos do ambiente aquático.

8 CONCLUSÃO

Os dados sobre 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 OD, 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 logradouros públicos como áreas de lazer e atividades pesqueiras, induz comunidades com hipossuficiência econômica a utilizarem os lagos formados na área urbana periférica de Paragominas, especialmente crianças, como observado ao longo desta pesquisa. A pesca, além de esportiva, também é utilizada como fonte nutricional, uma vez que fogueiras eram observadas durante os banhos recreativos ali praticados.

Como anteriormente não havia dados que identificassem o estado atual da qualidade da água, espera-se que os gestores municipais aproveitem para desenvolver ações que possam 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 igarapé 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 mudanças na qualidade da água nas cinco áreas da seção urbana, compõem os Cenários I e III das teses de doutorado do primeiro autor, desenvolvidas no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) desta instituição de ensino superior. Ao Sr. Ruy Marcos Minto pelas diversas transferências 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 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 de águas superficiais no curso urbano do Rio Xanxerê. **Unoesc & Ciência – ACET**, v. 5, n.º 1, p. 31-38. 2014.

ANA. Agência Nacional da Água. **ANA define prioridade para saneamento básico em 2025 e 2026**. 2025. Disponível em: ANA define prioridades para o saneamento básico em 2025 e 2026. Acesso em 10 mar. 2025.

ANH, N. T. *et al.* Influências de fatores-chave na qualidade da água dos rios em áreas urbanas e rurais: Uma revisão. **Estudos de Caso em Engenharia Química e Ambiental**, v. 8, 100424, 2023.

APHA. Associação Americana de Saúde Pública. **Métodos normalizados para o exame da água e das águas residuais**. 16ª ed., Washington: APHA, 1985.

ADAMANTE, W. B. **Stress dos alevinos de dorado e mandi sob diferentes densidades e tempos de transporte**. 2005. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. **Análises da qualidade da água e do solo da lagoa para aquicultura**. Auburn: Universidade de Auburn. Estação Experimental Agrícola do Alabama, 1992.

BRASIL. **Resolução do CONAMA, nº. 20**, de 18 de janeiro de 1986. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas no Território Nacional. 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 artigo 21 da Constituição Federal e altera o artigo 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que alterou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: L9433. Acesso em; 10 de março de 2025.

BRASIL. **Resolução do CONAMA, nº 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para sua classificação, bem como estabelece as condições e normas para o lançamento de efluentes, e dispõe sobre outras disposições. Disponível em: conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450. Acesso em 14 mar. 2025.-

BRASIL. **Resolução do CONAMA, nº 430**, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e normas para o lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Disponível em: [res_conama_430.pdf](#). 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 toma outras disposições. Disponível em: L12651. Acesso em: 12 mar. 2025.

CARVALHO, D. S. A.; FERRAZ, P. R. Crescimento populacional e gestão de resíduos domésticos. 2007. In: Fórum Internacional de Resíduos Sólidos. 1, 2007. Rio Grande do Sul. Disponível em: Fórum Internacional de Resíduos Sólidos - Anais. Acesso em: 10 mar. 2025.



- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Amônia. Disponível em: Amônia » Mortalidade de Peixes. Acesso em: 28 mar.2025
- CHAGAS, A. P. A síntese da amônia: alguns aspetos históricos. *Química Nova*, v. 30, n.º 1, p. 240-247, 2007.
- DANTAS, M. S. *et al.* Normas de descarga de efluentes municipais para nitrogênio amônia no Brasil: elementos técnicos para orientar decisões. ***Ciência da Água e Tecnologia***, v. 85, n.º 12, 3481, 2022.
- EDWARDS, T M. Amônia e ecossistemas aquáticos – Uma revisão de fontes globais, ciclagem biogeoquímica e efeitos sobre peixes. ***Ciência do Meio Ambiente***, n.º 907, 2024.
- APE. Agência de Proteção Ambiental. **Amônia**. 2025. Disponível em: Amônia | EPA dos EUA. Acesso em 10 mar. 2025.
- ERICSON, R. J. Avaliação de modelos matemáticos para os efeitos do pH e da temperatura na toxicidade do amoníaco para organismos aquáticos. ***Pesquisa da Água***, n. 19, p. 1047-1058, 1985.
- FÉLIX, E. P.; CARDOSO, A. A. Amônia atmosférica (NH₃): fontes, transformação, sumidouros e métodos de análise. ***Química Nova***, v. 27, n.º 1, p. 123-130, 2004.
- FRENEY, J. R.; SIMPSON, J. R. Volatilização do amoníaco. In: CLARK, F. E.; ROSSWALL, T. (Orgs.). Ciclos do azoto terrestre, Estocolmo. ***Boletim Ecológico***, n. 33, p. 291-302. 1981.
- FREITAS, B. F. et al. O uso de operadores como estratégia de busca em revisões de literatura científica. ***Revista Brasileira de Implantologia e Ciências da Saúde***, v. 5, n. 3, p. 652-664, 2023.
- FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual Prático de Análise da Água**. 4 ed. Brasília: Funasa, 2013.
- GUIMARÃES, G. P.; de MELLO, W. Z. Estimativa do fluxo de amônia na interface ar-mar na Baía de Guanabara – estudo preliminar. ***Química Nova***, v. 29, n.º 1, p. 54-60. 2006
- HOSSAIN, M.; FAKHRUDDIN, A. N. M.; KHAN, S. I. Impacto do amoníaco da água bruta nos processos de tratamento de águas superficiais e sua remoção por nitrificação. ***Bangladesh Journal of Microbiology***, v. 24, n.º 2, p. 85-89, 2007.
- HUANG, J-C; SHANG, C. Decapagem de ar. *In: Processos avançados de tratamento físico-químico*. Nova Jérícia: TOTOWA HUMAN PRESS, 2006, p. 47-78.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censos 2010**. Disponível em: IBGE | Censo 2010. Acesso em: 01. Janeiro de 2025.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Arranjos populacionais e concentrações urbanas no Brasil**. Rio de Janeiro, 2016.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censos 2022**. Disponível em: Censos 2022 | IBGE. Acesso em: 01 jan. 2025.
- IDM. Instituto de Desenvolvimento Mamirauá. **BioEstat 5.3**. 2023. Disponível em: Instituto Mamirauá de Desenvolvimento Sustentável. Acesso em 12 mar. 2025.



IP, Y. K.; MASTIGAR, S. F.; RANDALL, D. J. Toxicidade, tolerância e excreção de amoníaco. **Fisiologia dos Peixes**, v. 20, p. 109-148, 2001.

IVAN, I. *et al.* Parâmetros físico-químicos da água – fatores limitantes nos sistemas de aquicultura recirculantes do crescimento da truta arco-íris. **Artigos Científicos. Série D. Zootecnia**, v. 67, n.º 2, 2024.

LIANG, Y. *et al.* Monitorização da qualidade da água Parâmetros em rios urbanos utilizando dados multifontes e abordagem de aprendizagem automática. **Revista de Hidrologia**, v. 648, 2025.

LIMA, R. G. *et al.* Concentrações de amônio nas águas pluviais e emissões estimadas de amônia de rebanhos domésticos em Pinheiro e Viana, Baixada Maranhense. **Química Nova**, v. 32, n.º 9, p. 2273-2276. 2009.

LLOYD, S. *et al.* Previsão da qualidade da água de recreio e segurança da saúde pública em estuários urbanos utilizando Redes Bayesianas. **Pesquisa da Água**, n.º 254, 121319, 2024.

MAZARATI-HIRIART, A. *et al.* Implicações microbiológicas da agricultura periurbana e reutilização de água na Cidade do México. **PLOS ONE**, v. 3, n.º 5, e2305, 2008.

MEDHI, K. Avaliação integrada do azoto amoníaco em ambientes aquáticos e sua exposição à ecologia e à saúde humana. *In*: AHAMAD, A.; ILAHI, S.; SINGH, P. **Contaminação da água: avaliação e tratamento dos riscos para a saúde**. 2021. Capítulo 14, p. 199-216.

MOEINZADEH, A.; YONG, K. T. ; WITHANA, A. Uma análise crítica das escolhas de parâmetros na avaliação da qualidade da água. **Pesquisa da Água**, n.º 258, 12177, 2024.

PASSADO. Estatística Paleontológica. 2024. Disponível em: <https://www.baixesoft.com/download/past>. Acesso em: 26 mar. 2025.

PARAR. **Perfil profissional econômico dos municípios paraenses**. Belém: Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas do Pará – FAPESPA, 2023.

PARAGOMINAS. **Lei nº 765**, de 26 de julho de 2011. Institui o Código Municipal do Meio Ambiente (CAM), contendo a Política e Sistema Municipal de Meio Ambiente de Paragominas e dispõe sobre outras disposições. Paragominas: Prefeitura, 2011.

PARAGOMINAS. **Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Paragominas**. Prefeitura Municipal de Paragominas, 2014, p. 47 e 48.

PARAGOMINAS. **Lei nº 1123**, de 25 de julho de 2023. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Municipal de Paragominas, PDDMO, para o período 2023-2033 e dá outras providências. Paragominas; Câmara Municipal, 2023.

PARAGOMINAS. Secretaria Municipal de Planejamento – SEPLAN. **Divisão Setorial – Bairros – Paragominas – PA**. 2023.

PASSOS, A. L. L. *et al.* Seleção de variáveis na definição de um índice de qualidade da água para o Distrito Federal. **Ambiente e Água**, v. 14, n.º 4, e2385, 2019.

PEREIRA, A. S. *et al.* **Metodologia da Investigação Científica**. Santa Maria: UBA/INTTE/UFSM, 2018.



PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. F. **Metodologia do Trabalho Científico: métodos e técnicas de investigação e trabalho acadêmico**. 2ª ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013

QUEIROZ, J. F.; BOEIRA, R. C. **Boas práticas de gestão (BPF) para reduzir a acumulação de amoníaco nos tanques de aquicultura**. Embrapa: Jaguariúna, 2007. Comunicado técnico, 44.

dos REIS, J. A. T.; MENDONÇA, A. S. F. Análise técnica das novas normas brasileiras para amônia em efluentes e corpos d'água. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, n.º 3, p. 353-362, 2009.

RODRIGUES, R. S. S. *et al.* Análise dos efeitos de um evento pluviométrico extremo sobre o escoamento superficial de uma pequena bacia hidrográfica rural amazônica. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, p. 348-396, 2020.

SAALIDONG, B. M. *et al.* Examinar a dinâmica da relação entre água, pH e outros parâmetros de qualidade da água em sistemas de águas subterrâneas e superficiais. **PLOS ONE**, v. 17, n.º 1, e0262117, 2022.

SANDU, M. *et al.* Nível de poluição não ionizada de amoníaco das águas dos rios mal na Região de Desenvolvimento Central da República da Moldávia. **Ambiente Presente e Desenvolvimento Sustentável**, v. 16, n.º 1, p. 251-258, 2022.

SILVA JÚNIOR, A. I. G. Impactos causados por descargas de efluentes em corpos d'água. **Revista FT**, v. 28, 2024.

SILVA, A. S. *et al.* Influência do nitrogênio amoniacal na toxicidade de resíduos sólidos urbanos. *In: Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. 12. 2014. Rio Grande do Norte. Disponível em: https://abes-dn.org.br/anais eletronicos/26_Download/TrabalhosCompletoPDF/III-081.pdf. Acesso em 26 mar. 2025.

SILVA, J. M.; SILVA, T. T.; BECKER, H. Otimização da análise de nitrogênio amoníaco em águas de reservatórios. *In: Encontro de Pesquisa de Pós-Graduação*. **Revista Encontros Universitários da UFC**, v.1, n. 1, p. 2206, 2016.

SILVA, R. S. B. *et al.* Avaliação sazonal da qualidade das águas superficiais e subterrâneas na área de influência do lixão de Salinópolis, PA. **Ambiente e Água**, v. 13, n.º 2, e2072, 2018.

SILVA, R. T.; PORTO, M. F. A. Gestão Urbana e Gestão da Água: Caminhos de Integração. **Estudos Avançados**, v. 17, n.º 47, p. 129-145, 2003.

SILVA, S. M. O. *et al.* Proposta de gestão integrada das águas urbanas como estratégia para promover a segurança hídrica: o caso de Fortaleza. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 2, p.0.239-250, 2019.

SILVA, T. *et al.* Modelagem e monitoramento do escoamento superficial urbano nas bacias dos córregos Ressaca e Sarandi (Minas Gerais, Brasil). *In: Encontro Nacional de Águas Urbanas*. 10. 2014. São Paulo. *Anais eletrônicos*. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/6/PAP018086.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2025.

SERAFIN, R. L.; ZABINONI FILHO, E. Efeito da combinação de amônia não ionizada e níveis de oxigênio dissolvido na sobrevivência de Juvenile Dourado, *Salminus brasiliensis* (CUVIER). **Revista da Sociedade Mundial de Aquicultura**, v. 40, n.º 5, p. 695-701, 2009.



VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade da água e tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: SESA-UFMG, 1996.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, v. 22, n.º 63, p. 7-16, 2008.

UNESCO/OMS/PNUA. Avaliações da Qualidade da Água. *In*: Londres : Chapman e Hall, 1992. Capítulo 3: **A Seleção das Variáveis da Qualidade da Água**, p. 51-119.

UNESCO. Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**. Perugia: UNESCO, 2025.

WANG, X. *et al.* Critérios de qualidade da água de nitrogênio amônia total (TAN) e amônia não ionizada (-N) e seu risco ecológico no rio Liao, China. **NH₃Quimiosfera**, v. 243, 125328, 2020.

WANG, X. *et al.* Monitorização da qualidade da água baseada em aprendizagem profunda e métodos de alerta precoce: um estudo de caso da previsão do azoto amoníaco em rios. **Eletrônica**, vol. 12, 2023

WERKNEH, A. A.; GEBRU, S. B. Desenvolvimento de abordagens de saneamento ecológico para recuperação integrada de biogás, nutrientes e água limpa de águas residuais domésticas. **Recursos, Ambiente e Sustentabilidade**, n.º 11, 10095, 2023.

WISKICH, A.; RAPSON, T. Economia dos métodos emergentes de produção de fertilizantes de amônia - um papel para a síntese nas fazendas? **European Chemical Societies Publishing**, v. 16, e202300565, 2023

ZOPPAS, F. M.; BERNARDES, A. M.; MENEGUZZI, A. Parâmetros operacionais na remoção biológica de nitrogênio da água por nitrificação e desnitrificação simultânea. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n.º 1, p. 29-42, 2016.