

A DETERMINAÇÃO DE NITROGÊNIO PELO MÉTODO DE KJELDAHL COMO INDICADOR DA QUALIDADE AMBIENTAL DE NASCENTES EM ÁREAS URBANAS

ADENILSON BORGES BATISTA JÚNIOR¹

LEONARDO SANTOS ANDRADE²

Resumo: As nascentes urbanas são essenciais para o balanço hídrico e serviços ecossistêmicos. Mas são vulneráveis devido ao esgoto doméstico, escoamento superficial, resíduos sólidos e fertilização urbana. Nesse sentido, o uso de técnicas e indicadores químicos é essencial para a avaliação da qualidade dessas águas. Por exemplo, a determinação de nitrogênio total Kjeldahl (TKN) pelo método Kjeldahl pode representar um parâmetro ainda pouco explorado em nascentes. Portanto, o objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento bibliográfico e uma revisão integrativa (últimos 20 anos) para discutir o potencial e as limitações do TKN como indicador da qualidade ambiental de nascentes urbanas. Os resultados indicaram que o TKN elevado é derivado de áreas urbanas e de períodos chuvosos devido a contribuições gerais de esgoto. Além disso, estudos também mostraram que o TKN apresentou uma relação com turbidez, sólidos suspensos e associações negativas com oxigênio dissolvido, bem como com coliformes. O uso do método Kjeldahl pode oferecer diversos atrativos, pois é capaz de determinar o conteúdo de nitrogênio tanto na forma orgânica quanto como amônia, além de ser de fácil obtenção. Assim, o TKN poderia ser adotado como um índice de impacto antropogênico em nascentes urbanas em conjunto com outros indicadores normativos de qualidade da água.

Palavras-chave: Nitrogênio Total Kjeldahl; Método de Kjeldahl; Nascentes Urbanas; Qualidade da Água; Eutrofização.

INTRODUÇÃO

As nascentes localizadas em perímetros urbanos representam sistemas naturais de elevada importância ambiental, social e econômica. Tais ecossistemas provêm serviços essenciais, como o fornecimento de água, o controle do fluxo hídrico e a conservação da biodiversidade associada aos mananciais. Além disso, desempenham um papel fundamental na recarga de recursos hídricos subterrâneos

¹Instituto de Química/UFCAT; adenilsongeo@hotmail.com

²Instituto de Química/UFCAT; ls_andrade@ufcat.edu.br

(lençóis freáticos e aquíferos) e na regulação do ciclo hidrológico, exigindo cuidado especializado no planejamento e na gestão urbana. No entanto, o crescimento descontrolado das cidades tem provocado impactos severos nessas áreas sensíveis, resultando na progressiva deterioração de sua qualidade ambiental.

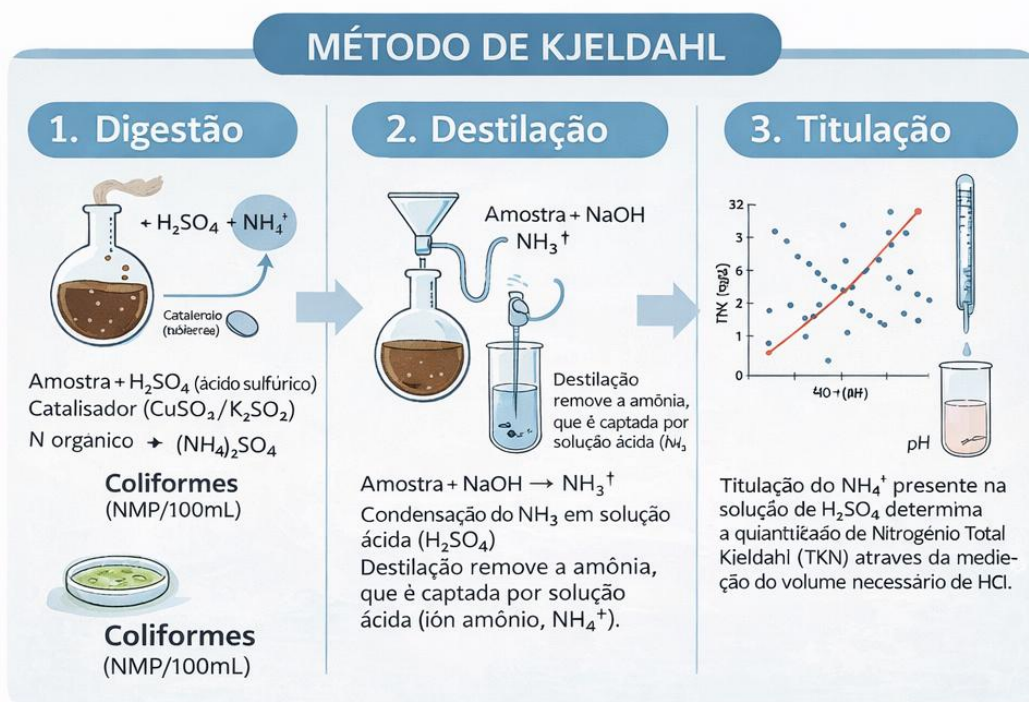
Em áreas urbanizadas, as nascentes são frequentemente impactadas pelo despejo direto de efluentes domésticos sem tratamento e pelo descarte inadequado de resíduos sólidos. O escoamento superficial pluvial potencializa essa contaminação ao carregar poluentes, enquanto o uso de fertilizantes em jardins e hortas urbanas agrava o enriquecimento por nutrientes. Este cenário eleva a concentração de compostos nitrogenados, como amônia, nitrato, nitrito e nitrogênio orgânico. Estudos indicam que a carga de nitrogênio em corpos hídricos apresenta alta variabilidade, influenciada pelo clima e pelo uso do solo (CAUSSE et al., 2015; BRIDHIKITTI et al., 2022). Especificamente no contexto urbano, o nitrogênio orgânico pode representar uma fração substancial da poluição total, elevando o risco de eutrofização.

A avaliação da qualidade das nascentes exige o emprego de indicadores químicos robustos que permitam identificar com precisão os efeitos da urbanização. Embora normas nacionais e internacionais estabeleçam critérios para parâmetros como amônia, nitrato e nitrito, nota-se uma lacuna no uso do Nitrogênio Total Kjeldahl (TKN) como parâmetro integrador especificamente para nascentes urbanas. O TKN destaca-se por abranger tanto a forma orgânica quanto a amoniacal do nitrogênio, configurando-se como um parâmetro sensível para detectar aportes difusos e descargas clandestinas de esgoto.

O Nitrogênio Total Kjeldahl é definido como a soma da amônia livre e de compostos de nitrogênio orgânico que são convertidos em sulfato de amônio sob as condições de digestão descritas. Esta medida fornece um indicador crítico da carga orgânica e da qualidade nutricional em matrizes hídricas. (EPA, 1993, p. 2, tradução autoral).

Frente a essa problemática, torna-se pertinente analisar o potencial do método de Kjeldahl como ferramenta estratégica de monitoramento ambiental em nascentes urbanas. A Figura 1 sumariza as principais etapas do Método de Kjeldahl.

Figura 1. Etapas do Método de Kjeldahl: digestão, destilação e titulação.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026), baseado em Aguirre (2023) e EPA (1993).

Com base no exposto, o objetivo geral deste estudo é analisar, por meio de revisão bibliográfica, o uso do método de Kjeldahl para determinar o TKN como indicador da qualidade ambiental de nascentes urbanas. Para alcançar esse propósito, estabelecem-se como objetivos específicos deste trabalho:

- descrever os fundamentos, etapas e variantes do método;
- mapear aplicações do TKN em nascentes e águas urbanas;
- discutir relações entre o TKN e outros parâmetros de qualidade, como oxigênio dissolvido (OD), turbidez, coliformes e pH;
- apontar limitações e boas práticas associadas ao uso do método;
- propor implicações para o monitoramento e a gestão ambiental local.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O ciclo do nitrogênio em ecossistemas aquáticos é caracterizado pela coexistência de diferentes formas químicas que se transformam por meio de

processos físicos, químicos e biológicos. Em ambientes hídricos, destacam-se o nitrogênio orgânico, o nitrogênio amoniacal, o nitrato (NO_3^-) e o nitrito (NO_2^-), todos influenciados tanto pela dinâmica natural quanto pela pressão antrópica. A exportação desses compostos apresenta alta variabilidade, refletindo a complexidade dos ecossistemas e a influência de fatores externos, como o clima e o uso do solo. Consequentemente, a quantificação dessas frações é essencial para diagnosticar o estado trófico dos corpos d'água e embasar políticas de gestão ambiental (CAUSSE et al., 2015).

Nas áreas urbanas, o ciclo do nitrogênio (Figura 2) sofre alterações severas em razão das atividades humanas. Estudos demonstram que o escoamento superficial de áreas residenciais transporta cargas expressivas de nitrogênio inorgânico e orgânico (LUCKE; DRAPPER & HORNBuckle, 2018; JANI et al., 2020). Em especial, o nitrogênio orgânico dissolvido (DON) e o particulado (PON) respondem por uma fração relevante da carga presente em águas pluviais urbanas. Essa predominância é preocupante, pois contribui diretamente para a eutrofização, reduzindo os níveis de oxigênio dissolvido, elevando a turbidez e desestabilizando o equilíbrio biológico. Além dos danos ecológicos, segundo Jani et al. (2020), a alta concentração desses nutrientes compromete o uso múltiplo da água e gera riscos à saúde pública.

Figura 2. Ciclo do Nitrogênio e Impactos Antrópicos em Nascentes Urbanas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026), baseado em Causse et al. (2015) e Jani et al. (2020).

Como forma de criar um arcabouço normativo e diretrizes de qualidades, destaca-se que o enquadramento da qualidade das águas superficiais baseia-se em padrões estabelecidos por legislações que determinam limites aceitáveis para parâmetros físico-químicos e biológicos. Dentre estes, os compostos nitrogenados são reconhecidos como indicadores críticos de poluição. Referências internacionais, como as diretrizes do governo da Colúmbia Britânica (Canadá), estabelecem limites rigorosos visando a proteção da biota aquática contra os efeitos tóxicos do nitrogênio, com foco especial na segurança ecológica (NORDIN, 2009).

Paralelamente, a Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA) revisa periodicamente seus critérios nacionais de qualidade de água, estabelecendo limiares para exposições agudas (instantâneas) e crônicas. Tais normas, que abrangem amônia, nitrato e nitrito, são utilizadas globalmente para a classificação de corpos hídricos (EPA, 2025). Nesse contexto, o TKN surge como uma técnica integrada fundamental. A metodologia da EPA utiliza o TKN somado às concentrações de nitrato e nitrito para estimar a carga global de nitrogênio, oferecendo uma visão abrangente da pressão antrópica, uma vez que o TKN engloba tanto a fração orgânica quanto a amoniacal (EPA, 2024).

Contudo, a literatura também aponta limitações. Avaliações conduzidas pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) indicam que o TKN pode apresentar maior variabilidade em cenários de altas concentrações de nitrato, o que pode gerar vieses de interpretação. Tal fato reforça a necessidade de utilizar o TKN de forma complementar a outras métricas para garantir um diagnóstico ambiental preciso (RUS et al., 2012).

A necessidade de uma abordagem complementar torna-se evidente ao comparar os marcos regulatórios nacionais e internacionais. No Brasil, a Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), que estabelece a classificação dos corpos de água, foca primordialmente em frações como nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato. Entretanto, a referida norma não estabelece limites específicos para o TKN em águas superficiais, o que pode representar uma lacuna no monitoramento de nascentes urbanas, onde o nitrogênio orgânico é uma fração substancial da poluição total.

Diferentemente do cenário brasileiro, agências internacionais como a EPA (EUA) e as diretrizes da Colúmbia Britânica (Canadá) adotam critérios mais

integrados. A EPA utiliza o TKN como métrica fundamental para estimar a carga global de nutrientes, permitindo detectar aportes de esgoto e escoamento pluvial que o monitoramento isolado de nitrato poderia negligenciar. Para ilustrar essas diferenças, a Tabela 1 apresenta uma comparação entre os parâmetros de qualidade.

Tabela 1. Comparativo de Limites para Compostos Nitrogenados.

Parâmetro	CONAMA 357 (BRASIL, 2005)	EPA (EUA)	Colúmbia Britânica (Canadá)
Nitrogênio Amoniacal	Limites por pH (ex: 3,7 mg/L)	Critérios de toxicidade aguda/crônica	0,019 mg/L (Amônia não ionizada)
Nitrato	10,0 mg/L	10,0 mg/L	3,0 mg/L (Proteção da biota)
Nitrito	1,0 mg/L	1,0 mg/L	0,06 mg/L (Proteção da biota)
TKN / Nitrogênio Total	Sem limite específico	Utilizado para carga global	Objetivos locais definidos

Fonte: Elaborado pelo autor (2026), baseado em CONAMA (BRASIL, 2005), EPA (2024) e NORDIN (2009).

Essa divergência reforça que a adoção do TKN como indicador de segurança/vigilância no Brasil permitiria uma gestão mais proativa das nascentes. Visto que cerca de 84% do nitrogênio no escoamento pluvial urbano corresponde ao TKN, sua inclusão em protocolos de triagem municipal facilitaria a identificação de descargas clandestinas de esgoto em períodos chuvosos, momento em que a carga poluidora atinge seus níveis críticos.

O método de Kjeldahl permanece como um dos procedimentos mais tradicionais para a determinação de nitrogênio em matrizes ambientais. Seu princípio baseia-se na conversão do nitrogênio orgânico e amoniacal em íons amônio por meio de uma digestão ácida com ácido sulfúrico concentrado e catalisadores. Após a digestão, a amostra passa por neutralização, destilação e quantificação (por titulação ou colorimetria).

O método Kjeldahl, desenvolvido em 1883, tornou-se o método de referência mundial para a determinação de nitrogênio orgânico em uma ampla variedade de matrizes, incluindo águas e efluentes, devido à sua precisão e aplicabilidade em laboratórios com diferentes níveis de automação. (AGUIRRE, 2023, p. 12, tradução autoral).

Embora a estrutura central envolva digestão, destilação e quantificação, a

evolução laboratorial trouxe adaptações importantes. Atualmente, destacam-se o uso do micro-Kjeldahl, que opera com volumes reduzidos de amostra e reagentes, e a automação por blocos de digestão e sistemas de análise por injeção de fluxo (FIA, da sigla inglesa *Flow Injection Analysis*). O uso de catalisadores modernos, como cobre e titânio, aumentou a eficiência e a reprodutibilidade do processo (HICKS et al., 2022).

Para assegurar a confiabilidade analítica, protocolos como o Método 351.2 da EPA definem rigorosos controles de qualidade. É necessário o uso de padrões de recuperação e procedimentos de calibração constante para mitigar interferências de sólidos em suspensão ou compostos oxidantes. Assim, o método mantém sua relevância frente a tecnologias emergentes devido à sua robustez e padronização internacional (EPA, 1993).

Estudos em ambientes urbanos confirmam que o TKN é altamente sensível à ocupação do solo e às variações sazonais. Em regiões tropicais, as concentrações oscilam significativamente entre os períodos seco e chuvoso devido ao aporte de sedimentos e ao escoamento superficial. Essa dinâmica foi observada em bacias na Tailândia, onde a ressuspensão de partículas e descargas de esgoto modularam os níveis de TKN, provando que este indicador oferece um diagnóstico robusto das pressões urbanas (BRIDHIKITTI et al., 2022).

No Brasil, pesquisas no Rio Carahá (SC) utilizaram o conceito de carga poluidora para demonstrar que a maior parte do TKN em trechos urbanos deriva de descargas de esgoto doméstico e entradas difusas. A análise de carga mostrou-se superior às coletas pontuais para identificar zonas de degradação crítica e lançamentos clandestinos, validando o TKN como ferramenta de gestão (QUINATTO et al., 2019).

A utilização do conceito de carga poluidora permitiu identificar que a maior contribuição de nitrogênio no trecho urbano provém de lançamentos de esgotos domésticos e entradas difusas. O parâmetro NTK demonstrou ser um indicador robusto para a gestão de recursos hídricos, superando as limitações de coletas pontuais ao refletir a real pressão antrópica sobre o corpo d'água. (QUINATTO et al., 2019, p. 5, tradução autoral).

Ademais, evidências internacionais indicam que o TKN é a fração predominante do nitrogênio mobilizado em chuvas. Em bacias de pequena escala, cerca de 84% do nitrogênio total no escoamento pluvial corresponde ao TKN

(LUCKE; DRAPPER & HORNBUCKLE, 2018). Esse dado é crucial, pois vincula o TKN diretamente à turbidez e aos sólidos suspensos, consolidando-o como a métrica principal para detectar o impacto de esgotos e resíduos em ecossistemas de nascentes urbanas.

O Nitrogênio Total Kjeldahl representou aproximadamente 84% do nitrogênio total no escoamento superficial urbano analisado. (LUCKE; DRAPPER; HORNBUCKLE, 2018, p. 68, tradução autoral).

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão bibliográfica de natureza integrativa, delineada para reunir, analisar e sintetizar produções científicas que abordam a determinação de nitrogênio pelo método de Kjeldahl (TKN) em águas superficiais. O foco recai sobre o diagnóstico de nascentes e rios localizados em áreas urbanas. A escolha por esta abordagem metodológica justifica-se pela possibilidade de identificar tendências, lacunas e perspectivas teóricas a partir da integração de diferentes fontes, como artigos científicos, relatórios técnicos e teses.

Como forma de estratégia de busca e base de dados, a prospecção das publicações foi realizada em bases de dados reconhecidas pela sua extensa cobertura e rigor acadêmico, como Periódicos CAPES, SciELO e Google Acadêmico, além de repositórios especializados em química ambiental. Para direcionar a busca e ampliar a abrangência dos resultados, foram utilizados descritores em português e inglês: "Kjeldahl", "TKN", "nascentes urbanas" (urban springs), "qualidade da água" (water quality), "nitrogênio total" e "nitrogênio amoniacal".

Os critérios de seleção foram estabelecidos para garantir a aderência ao tema proposto. Foram incluídos:

- a) Trabalhos que utilizaram o método de Kjeldahl ou a determinação de TKN especificamente em matrizes hídricas naturais (nascentes e rios urbanos);
- b) Estudos que descreveram claramente a técnica analítica e os parâmetros de qualidade adotados;
- c) Publicações que apresentaram dados quantitativos e correlações ambientais.

Foram excluídos trabalhos que não apresentaram metodologia detalhada ou resultados numéricos, duplicatas entre bases de dados e pesquisas limitadas a aplicações industriais sem relação com o monitoramento de recursos hídricos.

O recorte temporal compreendeu publicações dos últimos 20 anos, priorizando estudos recentes para refletir o estado da arte da gestão ambiental urbana, sem excluir métodos clássicos fundamentais. O processo de seleção seguiu etapas sistematizadas: inicialmente, realizou-se a triagem de títulos e resumos; em seguida, procedeu-se à leitura integral dos trabalhos elegíveis para a extração de dados.

Para a consolidação das informações, foi estruturada uma matriz analítica contemplando os seguintes elementos:

- a) Identificação: autor, ano e local do estudo;
- b) Contexto Ambiental: características da área e tipo de matriz hídrica;
- c) Metodologia Analítica: variantes do método de Kjeldahl e parâmetros de controle de qualidade (LOD/LOQ, brancos e padrões);
- d) Resultados: faixas de concentração de TKN e correlações com indicadores como oxigênio dissolvido (OD), turbidez, coliformes e pH.

A análise foi conduzida por meio de síntese narrativa e comparativa, buscando identificar convergências entre os autores e avaliar o rigor metodológico das publicações. Esse delineamento assegura a consistência e o rigor científico necessários para fundamentar o papel do TKN como indicador estratégico na gestão de nascentes urbanas.

Como forma de sistematizar a coleta de dados e garantir a replicabilidade da análise, os estudos selecionados foram organizados em uma matriz analítica. Esta ferramenta permitiu cruzar as variantes do método de Kjeldahl utilizadas com os impactos observados nas nascentes urbanas. A Tabela 2 detalha a estrutura de dados que fundamentou a discussão deste trabalho.

Tabela 2. Matriz Analítica dos Estudos Integrados na Revisão.

Autor (Ano)	Matriz Hídrica	Foco da Análise	Principais Variáveis Correlacionadas
CAUSSE et al. (2015)	Rios e Nascentes	Variabilidade da exportação de N	Uso do solo e Clima
LUCKE et al. (2018)	Escoamento Urbano	Composição do Nitrogênio	Turbidez e Sólidos Suspensos
QUINATTO et al. (2019)	Rio Urbano (Brasil)	Carga Poluidora	Coliformes e Esgoto Doméstico
JANI et al. (2020)	Águas Pluviais	Nitrogênio Orgânico e Nitrato	Eutrofização e Saúde Pública
BRIDHIKITTI et al. (2022)	Rios Tropicais	Dinâmica de Nutrientes	Sazonalidade (Seca/Chuva)

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

RESULTADOS

A revisão de literatura evidenciou que as investigações sobre o TKN abrangem contextos geográficos diversos, desde regiões tropicais até temperadas. As pesquisas concentram-se predominantemente em nascentes situadas em áreas densamente urbanizadas, rios de cabeceira e cursos d'água sob influência direta de atividades antrópicas, como o lançamento de efluentes domésticos e o escoamento superficial pluvial.

Um fator determinante identificado na literatura é a sazonalidade. Em ambientes tropicais, a intensificação das chuvas promove o arraste de matéria orgânica e nutrientes, elevando substancialmente as cargas de nitrogênio. Em contrapartida, no período seco, as concentrações tendem à estabilidade, refletindo apenas as descargas pontuais de esgoto (BRIDHIKITTI et al., 2022).

As faixas de TKN e influência do uso do solo são de valores reportados e apresentam ampla variabilidade, correlacionando-se diretamente com o grau de urbanização. Em áreas com elevada impermeabilização do solo e sistemas de saneamento precários, as concentrações são significativamente maiores, indicando um aporte massivo de nitrogênio orgânico e amoniacal. Nascentes em regiões periurbanas ou com maior preservação da vegetação ciliar apresentam níveis

reduzidos, reforçando o papel do uso do solo como condicionante da qualidade da água (CAUSSE et al., 2015; Jani et al., 2020).

Essas relações indicam correlações consistentes entre o TKN e outros parâmetros físico-químicos:

- a) Oxigênio Dissolvido (OD): Quando uma correlação negativa é observada, o aumento do TKN eleva a demanda bioquímica de oxigênio devido à decomposição da matéria orgânica;
- b) Turbidez e Sólidos Suspensos: Quando uma correlação positiva é verificada, indica-se que o nitrogênio está frequentemente associado ao transporte de sedimentos e resíduos urbanos;
- c) Coliformes Termotolerantes: A associação positiva com indicadores microbiológicos ratifica o TKN como um marcador eficiente de contaminação por esgoto doméstico (QUINATTO et al., 2019).

O desempenho e limitação do método Kjeldahl demonstra robustez para o monitoramento de nascentes urbanas por integrar as frações orgânica e amoniacal. No entanto, a literatura destaca limitações intrínsecas: o método não quantifica nitrato e nitrito, o que pode subestimar o nitrogênio total em águas altamente oxigenadas (RUS et al., 2012). Além disso, interferências de substâncias voláteis e compostos oxidantes exigem rigoroso controle de qualidade, incluindo o uso de brancos analíticos e padrões de recuperação (EPA, 1993; AGUIRRE, 2023).

A determinação do TKN não inclui as formas oxidadas de nitrogênio, como nitrato e nitrito. Em águas superficiais altamente oxigenadas, o uso exclusivo do método Kjeldahl pode resultar na subestimação do nitrogênio total, sendo necessária a análise complementar dessas frações para um diagnóstico completo da qualidade da água. (RUS et al., 2012, p. 10, tradução autoral).

CONCLUSÃO

A análise integrada dos dados revela que o TKN atua como um parâmetro de segurança para a detecção de pressões antrópicas ocultas. Em cenários urbanos, onde o lançamento clandestino de efluentes é recorrente, o TKN é capaz de captar frações poluidoras que indicadores isolados, a exemplo do nitrato, podem

negligenciar. Tal sensibilidade é fundamental para a gestão de nascentes urbanas, caracterizadas como ecossistemas de resposta rápida à poluição.

A utilização deste parâmetro de forma complementar às diretrizes normativas, como as estabelecidas pela EPA e pelo governo da Colúmbia Britânica (Nordin), oferece uma perspectiva mais ampla da saúde hídrica. Sob essa ótica, propõe-se a adoção do TKN em protocolos de triagem operacional: concentrações elevadas, quando associadas a baixos níveis de OD, devem ser interpretadas como alertas críticos para intervenções imediatas em saneamento.

É necessário que os programas de monitoramento municipais incorporem a sazonalidade hídrica em seu planejamento. Coletas pontuais podem ser insuficientes para capturar a carga real de poluentes mobilizados durante eventos pluviais, momento em que o TKN atinge seus picos devido ao escoamento superficial urbano.

Embora o método de Kjeldahl apresente limitações na quantificação de formas oxidadas de nitrogênio, sua robustez, baixo custo e padronização internacional justificam sua ampla aplicação em redes de monitoramento. A eficácia deste indicador é maximizada quando correlacionada a parâmetros como turbidez e oxigênio dissolvido, variáveis que alteram drasticamente a dinâmica de nutrientes entre os períodos seco e chuvoso.

No âmbito da gestão pública, este estudo conclui que o TKN deve ser institucionalizado como métrica de triagem operacional. Sua aplicação viabiliza a identificação ágil de pontos críticos de degradação, subsidiando a priorização de intervenções de saneamento e a fiscalização de Áreas de Preservação Permanente (APP). Tais medidas são fundamentais para assegurar a manutenção dos serviços ecossistêmicos e a resiliência hídrica das cidades.

Apesar dos avanços aqui discutidos, nota-se uma carência de séries temporais focadas em nascentes urbanas de pequena escala, visto que a maioria dos estudos privilegia corpos d'água de maior porte. Portanto, recomenda-se que pesquisas futuras priorizem a integração do método de Kjeldahl com técnicas de especiação de nitrogênio. Tais avanços permitirão diagnósticos mais precisos, diferenciando o nitrogênio proveniente de esgoto doméstico daquele oriundo de resíduos orgânicos naturais, fortalecendo as políticas de conservação hídrica frente aos desafios da urbanização crescente.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Catalão (UFCAT) e ao Instituto de Química (IQ), pela infraestrutura, pelo ambiente acadêmico de excelência e por proporcionarem os recursos necessários para a realização deste trabalho e de toda a minha formação.

Ao meu orientador, Dr. Leonardo Santos Andrade, pela paciência, pelas valiosas orientações e pelo rigor técnico compartilhado, fundamentais para o meu amadurecimento como pesquisador e para a conclusão deste estudo sobre o Nitrogênio Total Kjeldahl.

Aos professores que cruzaram o meu caminho ao longo de toda esta jornada acadêmica. Cada aula, conselho e desafio proposto por vocês foi um degrau essencial para a construção do profissional que me torno hoje.

Aos meus colegas de curso, pela parceria nas longas horas de estudo, pelas trocas de conhecimento e pelo apoio mútuo nos momentos de dificuldade. A jornada foi mais leve por ter vocês ao lado.

Aos meus amigos, que compreenderam minhas ausências e sempre ofereceram palavras de incentivo e descontração, mantendo meu equilíbrio emocional durante este processo.

À minha família, meu porto seguro. Agradeço pelo amor incondicional, pelo apoio logístico e por acreditarem no meu potencial mesmo quando eu mesmo duvidei. Este título também pertence a vocês.

Aos meus Orixás, pela proteção, pela luz nos caminhos e pela força espiritual que me sustentou e me guiou em cada etapa desta caminhada. Axé.

A mim mesmo, pela resiliência, pela dedicação e por não ter desistido diante dos obstáculos, honrando cada esforço depositado nesta trajetória.

Por fim, agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Universidade Aberta do Brasil (UAB) pelo apoio financeiro e pela viabilização deste curso por meio do Edital CAPES 25/2023, permitindo a dedicação necessária para esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520**: Atualização da Informação e documentação – Citações em documentos – Apresentação. Rio de Janeiro, 2023.

AGUIRRE, Jaime. **The Kjeldahl Method: 140 Years**. 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/372154268_The_Kjeldahl_Method. Acesso em: 7 jan. 2026.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

BRIDHIKITTI, A. et al. Processes governing nutrient dynamics in tropical urban-agricultu rerivers, NE Thailand. **Sustainable Water Resources Management**, v. 8, n. 5, p. 156, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40899-022-00750-w>. Acesso em: 9 jan. 2026.

CAUSSE, Jean et al. Variability of N export in water: a review. **Water, Air, and Soil Pollution**, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11270-015-2342-4>. Acesso em: 9 jan. 2026.

EPA (U.S. Environmental Protection Agency). **Method 351.2**: Determination of Total Kjeldahl Nitrogen by Semi-Automated Colorimetry. Cincinnati, 1993. Disponível em: https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-08/documents/method_351-2_1993.pdf. Acesso em: 9 jan. 2026.

EPA (U.S. Environmental Protection Agency). **National Recommended Water Quality Criteria – Aquatic Life Criteria Table**. 2025. Disponível em: <https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table>. Acesso em: 8 dez. 2025.

HICKS, Tristan D. et al. Simplified Method for the Determination of Total Kjeldahl Nitrogen in Wastewater. **Environments**, v. 9, n. 5, p. 55, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/environments9050055>. Acesso em: 8 set. 2025.

JANI, J. et al. Composition of nitrogen in urban residential storm water run off: Concentrations, loads, and source characterization of nitrate and organic nitrogen. **PLOS ONE**, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229715>. Acesso em: 8 set. 2025.

LUCKE, T.; DRAPPER, D.; HORNBuckle, A. Urban storm water characterisation and nitrogen composition from lot-scale catchments – New management implications. **Science of the Total Environment**, v. 619–620, p. 65–71, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.105>. Acesso em: 7 jan. 2026.

NORDIN, R. N. **Water Quality Guidelines for Nitrogen (Nitrate, Nitrite, and Ammonia)**: Overview Report. British Columbia Ministry of Environment, 2009. Disponível em: <https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/air-land->

water/water/waterquality/water-quality-guidelines/approved-wqgs/bc_env_nitrate_waterqualityguideline_overview.pdf. Acesso em: 8 set. 2025.

QUINATTO, J. et al. Using the pollutant load concept to assess water quality in na urban river: the case of Carahá River (Lages, Brazil). **Revista Ambiente & Água**, v. 14, n. 1, e2252, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2252>. Acesso em: 8 set. 2025.

RUS, David L. et al. **Assessing Total Nitrogen in Surface-Water Samples**. Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 2012. Disponível em: https://pubs.usgs.gov/sir/2012/5281/sir12_5281.pdf. Acesso em: 8 set. 2025.