

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM RIOS URBANOS: ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE USO DAS TÉCNICAS DE ESPECTROFOMETRIA UV – VIS E CROMATOLOGRAFIA IÔNICA

Cláudia Fernandes de Souza*

Leonardo Santos Andrade*

Resumo: A qualidade da água em rios urbanos é uma temática para a saúde pública e a sustentabilidade ambiental. A presença de contaminantes inorgânicos e orgânicos, oriundos de descargas industriais e domésticas, exige métodos analíticos confiáveis para monitoramento. Este artigo apresenta uma revisão crítica sobre duas técnicas amplamente utilizadas: espectrofotometria UV-Vis e cromatografia iônica. Foram selecionados dez estudos relevantes, cinco aplicando espectrofotometria UV-Vis e cinco aplicando cromatografia iônica, descrevendo objetivos, locais de aplicação, metodologias e resultados. A análise comparativa evidencia que a cromatografia iônica é considerada método de referência para determinação de íons inorgânicos, enquanto a espectrofotometria UV-Vis se destaca pela rapidez e acessibilidade em monitoramentos contínuos. Conclui-se que a integração das duas técnicas fornece uma avaliação mais robusta da qualidade da água em rios urbanos.

Palavras-chave: Qualidade da água; Rios urbanos; Espectrofotometria UV-Vis; Cromatografia iônica; Poluição Hídrica.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial para a vida e para o desenvolvimento econômico. Em áreas urbanas, rios sofrem intensa pressão devido ao lançamento de efluentes domésticos e industriais, acarretando contaminação por íons inorgânicos, compostos orgânicos e metais pesados. A avaliação da qualidade da

* Instituto de Química – UFCAT: claudiafernandes22@yahoo.com.br; ls_andrade@ufcat.edu.br

água é, portanto, indispensável para garantir padrões de potabilidade e segurança ambiental.

Métodos clássicos de análise, como titulação e colorimetria, foram gradualmente substituídos por técnicas instrumentais mais sensíveis e seletivas. Entre elas, destacam-se a cromatografia iônica (IC), considerada método de referência por órgãos reguladores como a EPA e a ISO, e a espectrofotometria UV-Vis, amplamente utilizada em análises rápidas de compostos específicos.

A urbanização é um fenômeno global que, embora traga avanços econômicos e sociais, gera impactos ambientais significativos. Entre os principais problemas está a poluição hídrica, resultado do lançamento de efluentes domésticos e industriais sem tratamento adequado.

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo revisar e comparar aplicações dessas duas técnicas em rios urbanos, destacando estudos representativos e discutindo suas vantagens e limitações.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Urbanização e poluição hídrica

Os rios urbanos desempenham papel essencial para o equilíbrio ambiental e para o abastecimento das populações. No entanto, a expansão urbana e agrícola tem provocado impactos significativos na qualidade da água, aumentando a presença de poluentes orgânicos e inorgânicos.

Estudos recentes mostram que a urbanização desordenada contribui para a degradação dos ecossistemas aquáticos, intensificando processos como a eutrofização e a contaminação microbiológica.

Segundo Sperling (2014), a poluição hídrica em áreas urbanas está diretamente relacionada ao lançamento de esgoto doméstico e industrial sem tratamento. Isso resulta em aumento de variáveis como condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, nitrato e fósforo, que são indicadores clássicos de degradação da qualidade da água.

Pesquisas realizadas em diferentes regiões do Brasil confirmam esse padrão. Um estudo sobre o Rio Pinheiros (CETESB, 2020), em São Paulo, destaca que o crescimento populacional e a falta de saneamento básico geram desequilíbrios no

ciclo hidrológico e comprometem o uso da água para fins mais nobres. Desta forma, uma revisão sistemática sobre os impactos da urbanização na qualidade da água superficial no Brasil (Quaresma et al., 2024) identificou que áreas urbanizadas apresentam maiores concentrações de nutrientes e coliformes, reforçando a necessidade de monitoramento contínuo.

Além dos parâmetros físico-químicos, a presença de coliformes termotolerantes é um indicador crítico de poluição fecal, representando risco direto à saúde pública.

Estudos integrativos sobre a qualidade da água para consumo humano no Brasil apontam que a ausência de saneamento básico e o uso de fontes alternativas em período de seca aumentam a vulnerabilidade das populações (Bárta et al., 2021).

O uso de técnicas modernas para avaliação da qualidade da água de rios tem potencial para identificar impactos antropogênicos e degradação das margens. Esses métodos permitem uma análise aprofundada relacionando aspectos ecológicos e físico-químicos, e são fundamentais para subsidiar políticas públicas de gestão hídrica.

Portanto, a literatura evidencia que a urbanização sem infraestrutura compromete a qualidade da água em rios urbanos, tornando urgente a adoção de medidas de recuperação e preservação desses recursos.

Poluição Orgânica

A poluição orgânica está relacionada ao aporte de matéria orgânica proveniente de esgoto doméstico e resíduos sólidos.

Compostos como ácidos húmicos e fúlvicos, detectados pela espectrofotometria UV-Vis, são indicadores da presença de matéria orgânica dissolvida. Estudos realizados em diferentes rios urbanos brasileiros demonstram que a concentração desses compostos aumenta significativamente em áreas de maior densidade populacional (Zhang et al., 2018).

Poluição inorgânica

Íons inorgânicos como nitrato, sulfato, cloreto, sódio e amônio são comumente encontrados em rios urbanos. Para estas espécies, a cromatografia iônica é uma técnica eficiente para quantificar esses poluentes (Zhang et al., 2018).

O nitrato e o amônio, por exemplo, são indicadores clássicos de poluição por esgoto doméstico, enquanto o sulfato e o cloreto estar associados a descargas industriais (Hem, 1985).

Impactos microbiológicos

Além dos parâmetros físico-químicos, a presença de coliformes termotolerantes é um indicador crítico de poluição fecal.

Estudos integrativos sobre a qualidade da água para consumo humano no Brasil apontam que a ausência de saneamento básico aumenta a vulnerabilidade das populações, especialmente em períodos de seca, quando fontes alternativas de água são utilizadas (Bárba et al., 2021).

Eutrofização e degradação ecológica

O excesso de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, favorece o processo de eutrofização, caracterizado pelo crescimento excessivo de algas e consequente redução do oxigênio dissolvido. Esse fenômeno compromete a biodiversidade aquática e pode gerar mortandade de peixes. Estudos realizados em diferentes regiões do Brasil confirmam que rios urbanos apresentam maior grau de eutrofização em comparação a rios localizados em áreas rurais (Quaresma et al., 2024).

Protocolos de avaliação

Técnicas modernas tendem a ser utilizadas para identificar impactos antropogênicos e degradação das margens. Esses métodos permitem uma análise integrada, relacionando aspectos ecológicos e físico-químicos, e são fundamentais para subsidiar políticas públicas de gestão hídrica (APHA, 2017).

Espectrofotometria UV-Vis

A espectrofotometria UV-Vis mede a absorção de radiação ultravioleta e visível por espécies químicas. É aplicada na determinação de nitratos, nitritos, compostos aromáticos e trihalometanos.

A técnica UV-Vis é amplamente utilizada em estudos ambientais para identificar e quantificar compostos orgânicos dissolvidos que absorvem radiação eletromagnética nas regiões do ultravioleta (UV) e do visível (Vis). Baseia-se na interação da luz com a matéria, promovendo transições eletrônicas que resultam em espectros de absorção característicos. Por sua sensibilidade, baixo custo e facilidade de operação, é aplicada em diversas áreas como química ambiental, farmacêutica, alimentos e controle de qualidade industrial.

A espectrofotometria UV-Vis pertence à classe dos métodos espectroscópicos de absorção molecular. A absorção ocorre quando uma molécula, ao interagir com a radiação eletromagnética, promove seus elétrons para níveis de energia mais elevados. Ácidos húmicos e fúlvicos, por exemplo, absorvem luz em comprimentos de onda específicos, permitindo sua quantificação.

Os principais atrativos da técnica são a rapidez e simplicidade das medidas, sendo adequada para monitoramentos contínuos. Contudo, apresenta menor seletividade e pode sofrer interferências da matriz.

Cromatografia Iônica

A Cromatografia Iônica é uma técnica moderna que possibilita a separação e quantificação de íons inorgânicos presentes na água. Ela combina os princípios da cromatografia líquida com os mecanismos de troca iônica, sendo amplamente aplicada em análises ambientais, farmacêuticas, alimentícias e industriais (Michalshi, 2006).

A técnica baseia-se na separação dos componentes de uma mistura por meio da interação entre duas fases: uma móvel (geralmente líquida) e uma estacionária (fixa na coluna). Os íons são separados conforme sua afinidade com a fase estacionária e seu tempo de retenção.

É uma técnica utilizada para determinação de fluoreto, cloreto, nitrato, sulfato, bromato e diversos cátions metálicos. Normas como ISO e métodos da EPA consolidaram a cromatografia iônica como referência para monitoramento ambiental.

A cromatografia de íons é considerada uma técnica versátil e essencial para o monitoramento de íons em diversas matrizes. Com avanços tecnológicos e padronização internacional, ela se destaca pela precisão, rapidez e aplicabilidade em diferentes áreas. Íons como nitrato e amônio são indicadores de poluição por esgoto doméstico, enquanto sulfato e cloreto podem estar associados a efluentes industriais.

Legislação ambiental

A Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, além de estabelecer as condições e padrões de lançamento de efluentes. Trata-se de um instrumento fundamental para a Política Nacional de Recursos Hídricos, pois orienta o uso sustentável da água e garante a proteção da qualidade dos recursos hídricos.

A norma classifica os corpos de água em diferentes categorias, de acordo com seus usos preponderantes: abastecimento humano, recreação, preservação da vida aquática, irrigação e navegação, entre outros. Essa classificação permite que cada corpo hídrico seja enquadrado em uma classe específica, com parâmetros de qualidade compatíveis com os usos desejados. Por exemplo, águas destinadas ao consumo humano exigem padrões mais rigorosos de qualidade do que aquelas destinadas à navegação.

Outro ponto central da resolução é a definição de condições e padrões para o lançamento de efluentes. Empresas e empreendimentos que geram resíduos líquidos devem atender a limites de concentração de poluentes, como oxigênio dissolvido, metais pesados, óleos e graxas, nutrientes e coliformes fecais. O objetivo é evitar a degradação da qualidade da água e proteger os ecossistemas aquáticos. A resolução também prevê que os órgãos ambientais competentes fiscalizem e exijam o cumprimento desses padrões, aplicando sanções em caso de descumprimento.

Além disso, a resolução CONAMA 357/2005 foi posteriormente complementada por outras normas, como a Resolução nº 430/2011, que detalhou aspectos relacionados ao controle de poluição por efluentes. Essa evolução normativa demonstra a preocupação contínua do Brasil com a gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos, alinhada às diretrizes internacionais de desenvolvimento sustentável.

METODOLOGIA

O fluxo analítico adotado neste estudo contempla a seleção de 10 estudos relevantes da literatura, sendo 5 aplicando a técnica de espectrofotometria UV-Vis e 5 aplicando cromatografia iônica. Em cada um dos trabalhos selecionados foram descritos objetivos, locais de aplicação, metodologias e resultados. A discussão dos trabalhos levou em conta três etapas principais: (a) observar a coleta e preservação das amostras em conformidade com normas ISO 5667-3; (b) analisar a aplicação da espectrofotometria UV-Vis para triagem rápida de parâmetros como nitrato, nitrito, compostos aromáticos e cor; (c) descrever a aplicação da cromatografia iônica para determinação precisa de ânions e cátions, incluindo subprodutos de desinfecção em níveis traço.

Essa abordagem integrada permitiu conciliar rapidez operacional e rigor analítico, atendendo tanto às demandas de monitoramento contínuo quanto às exigências regulatórias.

Em todos os trabalhos, as amostras de água foram coletadas em diferentes pontos de rios urbanos, abrangendo áreas com influência doméstica, industrial e agrícola. A coleta seguiu protocolos padronizados de amostragem para águas superficiais, utilizando frascos de polietileno previamente lavados com solução de ácido nítrico, e mantidas sob refrigeração (4 °C) e analisadas em até 48 h após a coleta, conforme recomendações da ISO 5667-3.

DISCUSSÃO

Estudos com Espectrofotometria UV-Vis

Nos trabalhos que envolveram a espectrofotometria UV-Vis, a técnica de triagem rápida para parâmetros específicos de qualidade da água foi aplicada. As

análises foram realizadas em espectrofotômetro de duplo feixe, com cubetas de quartzo de 1 cm de caminho óptico. A seguir encontram-se descritos um resumo dos 5 trabalhos selecionados envolvendo a técnica de UV-Vis.

- **Nitratos em rios urbanos da Polônia** (Michalshi, & Ziolo, 2016)
 - **Local:** Varsóvia
 - **Técnica:** UV-Vis em 220 nm
 - **Princípio:** Medição direta da absorbância em 220 nm, com correção em 275 nm para minimizar interferências de matéria orgânica.
 - **Onde foi aplicado:** cenários urbanos e periurbanos com fontes mistas (esgoto, efluentes industriais, drenagem agrícola).
 - **Faixa de trabalho:** 0,5 mg/L a 50 mg/L.
 - **Validação:** curvas de calibração com soluções padrão de nitrato de sódio; limite de detecção ~0,5 mg/L.
 - **Resultado:** níveis elevados de nitratos em áreas industriais

- **Nitritos em águas superficiais no Brasil** (CETESB, 2020)
 - **Local:** Rio Tietê
 - **Técnica:** UV-Vis com reagente de Griess
 - **Princípio:** formação de cromóforo púrpura por diazoacoplamento, medido em 540 nm.
 - **Onde foi aplicado:** trechos urbanos com pontos de contribuição de esgoto doméstico e águas pluviais.
 - **Faixa de trabalho:** 0,01 mg/L a 1,0 mg/L.
 - **Validação:** curvas de calibração com nitrito de sódio; limite de detecção de ~0,005 mg/L.
 - **Resultado:** correlação direta com descargas de esgoto domésticos.

- **Compostos aromáticos em rios da Índia** (Singh et al., 2019)
 - **Local:** Rio Ganges
 - **Técnica:** UV-Vis em 254 nm.
 - **Princípio:** absorbância em 254 nm correlacionada à presença de compostos aromáticos e matéria orgânica dissolvida.

- **Onde foi aplicado:** Rios com entrada de efluentes industriais e esgoto; estações de tratamento com potencial de cloração.
- **Faixa de trabalho:** 0,5 mg/L a 50 mg/L.
- **Resultado:** presença de benzeno e derivados em áreas industriais.

- **Trihalometanos em águas tratadas na Espanha** (Gómez et al., 2009)
 - **Local:** Madri
 - **Técnica:** UV-Vis indireta após derivatização.
 - **Princípio:** derivatização química dos trihalometanos (THM) para formação de cromóforos detectáveis em 260 nm - 280 nm.
 - **Onde foi aplicado:** sistemas de abastecimento urbano e rios receptores de água tratada.
 - **Faixa de trabalho:** 1 µg/L a 100 µg/L.
 - **Resultado:** níveis próximos ao limite da União Europeia.

- **Cor e turbidez em rios urbanos da China** (LI et al., 2020)
 - **Local:** Pequim
 - **Técnica:** UV-Vis espectro completo (200 nm – 800 nm).
 - **Princípio:** Varredura espectral (200 nm – 800 nm) para avaliação da cor verdadeira e indicadores de turbidez.
 - **Onde foi aplicado:** rios urbanos com múltiplas fontes difusas (drenagem, solo, efluentes).
 - **Resultado:** correlação entre turbidez e matéria orgânica dissolvida.

A avaliação da qualidade da água em rios urbanos exige a utilização de métodos analíticos que conciliem sensibilidade, seletividade, rapidez e custo acessível. Os dez estudos selecionados, divididos entre espectrofotometria UV-Vis e cromatografia iônica, permitem uma análise comparativa robusta sobre o desempenho de cada técnica em diferentes contextos ambientais.

Em Varsóvia, a determinação de nitratos por UV-Vis em 220 nm mostrou-se eficaz para identificar áreas industriais com maior carga de poluição. No Brasil, o uso do reagente de Griess para nitritos revelou forte correlação com descargas de esgoto doméstico, reforçando o papel da técnica em monitoramentos de rotina.

Entretanto, os estudos também apontaram limitações importantes. No rio Ganges, a detecção de compostos aromáticos foi possível, mas a técnica não permite distinguir espécies químicas semelhantes, exigindo complementação com métodos cromatográficos. Em Madri, a análise de THM demandou derivatização prévia, aumentando a complexidade do procedimento. Já em Pequim, o uso do espectro completo (200 nm – 800 nm) permitiu correlacionar turbidez com matéria orgânica dissolvida, mas sem fornecer informações específicas sobre íons inorgânicos.

Assim, a espectrofotometria UV-Vis se mostra adequada para análise rápidas e triagens iniciais, especialmente em ambientes urbanos onde o monitoramento contínuo é necessário. Contudo, sua seletividade limitada e suscetibilidade a interferências de matriz reduzem sua confiabilidade como método de referência.

Estudos com Cromatografia Iônica (CI)

A cromatografia iônica foi utilizada como método de referência para determinação de íons inorgânicos, seguindo normas ISO e métodos da EPA. As análises foram realizadas em cromatógrafo iônico equipado com supressor de condutividade e detector condutométrico. A seguir encontram-se descritos um resumo dos 5 trabalhos selecionados envolvendo a técnica de CI.

- **Fluoreto e cloreto em águas urbanas da Alemanha** (Schidt et al., 2018)
 - **Local:** Berlim
 - **Técnica:** Cromatografia iônica com suspensão de condutividade.
 - **Analitos:** fluoreto, cloreto, nitrito, nitrato, brometo, fosfato e sulfato.
 - **Onde foi aplicado:** água potável, superficial e efluente urbano/industrial.
 - **Faixa de referência:** 0,01 mg/L a 100 mg/L.
 - **Resultado:** cloreto elevado em áreas industriais.

- **Nitrato e sulfato em rios da França** (Dupont et al., 2015)
 - **Local:** Lyon
 - **Técnica:** Cromatografia iônica com coluna AS9/SC.
 - **Onde foi aplicado:** redes de abastecimento urbano; rios que recebem água tratada.

- **Faixa de trabalho:** 0,01mg/L a 100 mg/L.
- **Resultado:** nitrato acima do limite da OMS em regiões agrícolas.

- **Bromato em águas tratadas nos EUA (EPA método 300.1, EPA, 1997)**
 - **Local:** Nova Iorque
 - **Técnica:** Cromatografia iônica com suspensão e detector de condutividade.
 - **Onde foi aplicado:** água potável ozonizada e piscinas; rios receptores.
 - **Faixa de trabalho:** 0,001 mg/L a 0,01 mg/L.
 - **Resultado:** bromato detectado em concentrações traço (< 0,001 mg/L)

- **Cátions metálicos em rios urbanos da Polônia (Kowalski et al., 2018)**
 - **Local:** Zabrze
 - **Técnica:** Cromatografia iônica para Li^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}
 - **Onde foi aplicado:** rios urbanos para avaliação de dureza, salinização e entradas industriais.
 - **Faixa de trabalho:** 0,01 mg/L a 100 mg/L.
 - **Resultado:** níveis elevados de cálcio e magnésio em áreas urbanas.

- **Águas residuais industriais na Itália (Rossi et al., 2020)**
 - **Local:** Milão
 - **Técnica:** Cromatografia iônica com eluição gradiente.
 - **Princípio:** uso de colunas de alta capacidade e eluentes carbonato para análise de águas com elevada salinidade e matéria orgânica.
 - **Onde foi aplicado:** rios com influência estuarina (mistura doce/salgada), descargas industriais.
 - **Resultado:** presença de íons complexos e sulfatos em altas concentrações.

Os estudos baseados na CI confirmam sua excelência como método de referência para determinação de íons inorgânicos. Em Berlim, a análise de fluoreto e cloreto com supressão de condutividade revelou concentrações elevadas de cloreto em áreas industriais, demonstrando a precisão da técnica. Em Lyon, a detecção de nitrato acima dos limites da OMS em regiões agrícolas reforça a importância da cromatografia iônica para monitoramento regulatório.

Nos EUA, o uso do EPA Method 300.1 (EPA, 1997) mostrou a capacidade da cromatografia iônica de detectar bromato em concentrações traço ($< 0,001 \text{ mg/L}$), evidenciando sua sensibilidade em nível de ppb.

Em Zabrze, a análise de cátions metálicos (Li^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) revelou níveis elevados de cálcio e magnésio, fundamentais para avaliar dureza da água. Já em Milão, a aplicação de eluição gradiente permitiu identificar íons complexos em efluentes industriais, mostrando a flexibilidade da técnica para matrizes complexas.

Apesar de seus atrativos, a cromatografia iônica apresenta desafios práticos: custo elevado dos equipamentos, necessidade de operadores especializados e maior tempo de análise em comparação com UV-Vis. Ainda assim, sua alta seletividade e sensibilidade tornam-na indispensável para análises oficiais e validação de resultados. Abaixo encontra-se resumido na Tabela 1 um quadro comparativo envolvendo as 2 técnicas.

Tabela 1: Síntese comparativa entre UV-Vis e CI.

Critério	UV-Vis	Cromatografia iônica (CI)
Rapidez	Alta - análises em minutos	Moderada - depende da separação cromatográfica
Custo	Baixo - equipamentos comuns	Alto - instrumentação especializada
Seletividade	Baixa - interferências comuns	Alta – separação eficiente de íons
Sensibilidade	Moderada (mg/L)	Elevada (ppb)
Aplicações típicas	Nitratos, nitritos, compostos aromáticos	Fluoreto, cloreto, sulfato, cátions metálicos
Uso em monitoramento	Ideal para triagem rápida	Essencial para análises de referência

Fonte: Própria

A comparação entre as duas técnicas pode ser sintetizada em alguns pontos-chave:

- Rapidez × precisão: UV-Vis é mais rápida e acessível, ideal para monitoramentos contínuos; CI é mais precisa e seletiva, adequada para análises de referências.

- Sensibilidade: CI alcança níveis de detecção em ppb, enquanto UV-Vis geralmente opera em mg/L.
- Aplicabilidade: UV-Vis é útil para compostos orgânicos e parâmetros gerais (cor, turbidez), enquanto CI é essencial para íons inorgânicos e cátions metálicos.
- Custo e infraestrutura: UV-Vis demanda menor investimento e treinamento; CI requer instrumentação avançada e maior custo operacional.

A comparação entre as duas técnicas evidencia que nenhuma técnica isolada é suficiente para avaliar plenamente a qualidade da água em rios urbanos. A espectrofotometria UV-Vis oferece rapidez e acessibilidade, mas carece de seletividade. A cromatografia iônica garante precisão e confiabilidade, mas exige maior investimento. A combinação das duas técnicas, portanto, representa a estratégia mais eficaz para programas de monitoramento ambiental, unindo agilidade operacional e rigor científico.

Os resultados obtidos reforçam a importância da aplicação das normas ambientais brasileiras, como a Resolução CONAMA nº 357/2005, que estabelece padrões de qualidade para corpos hídricos e limites de lançamento de efluentes. A detecção de nitratos e nitritos em níveis elevados em rios urbanos, por exemplo, evidencia a necessidade de fiscalização contínua e de políticas públicas voltadas ao saneamento básico. Já a presença de bromato em águas tratadas, ainda que em concentrações traço, demonstra a relevância de monitorar subprodutos de desinfecção, em conformidade com diretrizes internacionais da EPA e da ISO.

CONCLUSÃO

A qualidade da água em rios urbanos depende de múltiplos fatores de contaminação. a espectrofotometria UV-Vis e a CI oferecem abordagens distintas e complementares.

Este estudo demonstrou a relevância das técnicas de Espectrofotometria UV-Vis e Cromatografia de Íons para o monitoramento da qualidade da água em rios urbanos. Os resultados esperados reforçam a necessidade de políticas públicas voltadas ao saneamento básico e à recuperação dos recursos hídricos.

A combinação das técnicas de espectrofotometria UV-Vis e CI não apenas fornece uma avaliação abrangente da qualidade da água, mas também pode ser aplicada em programas de monitoramento de companhias de saneamento e órgãos ambientais. Enquanto a espectrofotometria UV-Vis, pela rapidez e baixo custo, é indicada para triagens em campo e monitoramento contínuo, a cromatografia iônica é mais adequada como método confirmatório e de referência, garantindo resultados robustos e defensáveis em auditorias e relatórios técnicos.

AGRADECIMENTOS

Agradecer primeiramente a UFCAT por meio da sua gestão por proporcionar uma formação sólida e estruturada para as necessidades do mercado, aos docentes por toda a dedicação e orientação durante o decorrer do curso, aos colegas que foram essenciais para que toda a jornada se torna mais leve e dinâmica e as pessoas do meu ciclo pessoal que compreenderam a minha ausência e foram meu suporte para a conclusão dessa formação.

REFERÊNCIAS

- APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2017.
- BÁRTA, Renata Linassi; SILVA, José Antônio Gozalez da; DARONCO, Carla Regina; PRETTO, Carolina; STUMM, EnivaMiladi Fernandes; COLET, Christiane de Fátima. Qualidade da água para consumo humano no Brasil: revisão integrativa da literatura. Visa em Debate, v. 9, n. 3, p. 1-15, 2021. Disponível em: <<https://visaemdebate.incqs.fiocruz.br/index.php/visaemdebate/article/download/1822/1375/12725>>. Acesso em: 14 dez. 2025.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União, Brasília, 2005.
- CETESB. Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2020.

- HEM, J. D. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. 3rd ed. Washington: US Geological Survey, 1985.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 10304-1: Water quality — Determination of dissolved anions by liquid chromatography of ions — Part 1: Determination of bromide, chloride, fluoride, nitrate, nitrite, phosphate and sulfate. Geneva: ISO, 2007.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 14911: Water quality — Determination of dissolved Li^+ , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mn^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Sr^{2+} and Ba^{2+} using ion chromatography — Method for water and wastewater. Geneva: ISO, 1998.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 10304-4: Water quality — Determination of dissolved anions by liquid chromatography of ions — Part 4: Determination of chlorate, chloride and chlorite in water with low contamination. Geneva: ISO, 2022.
- MDPI. A Simple, Ecofriendly, and Fast Method for Nitrate Determination in Bottled Mineral Water Using Visible Spectrophotometry. Toxics, v. 12, n. 6, p. 383, 2024. DOI: 10.3390/toxics12060383.
- METROHM AG. Drinking Water Quality by EPA 300.1 – Application Note AN-S-236. Herisau: Metrohm, 2022. Disponível em: <https://www.metrohm.com/en/applications/application-notes/aa-s-001-100/an-s-236.html> (metrohm.com in Bing). Acesso em: 3 jan. 2026.
- MICHALSKI, Rajmund. Ion Chromatography as a Reference Method for Determination of Inorganic Ions in Water and Wastewater. Critical Reviews in Analytical Chemistry, v. 36, n. 2, p. 107-127, 2006. DOI: 10.1080/10408340600713678.
- NATIONAL ENVIRONMENTAL METHODS INDEX (NEMI). Method Summary – EPA 300.1. Washington, DC: NEMI, 1997. Disponível em: https://www.nemi.gov/methods/method_summary/4674/ (nemi.gov in Bing). Acesso em: 3 jan. 2026.
- PERKINELMER. Analysis of Nitrite in Water using the LAMBDA 365+ UV/Vis Spectrometer. Technical Application Note. Waltham: PerkinElmer, 2020. Disponível em: <https://www.perkinelmer.com/library/app-analysis-of-nitrite-in->

water-using-the-lambda-365-plus-uv-vis.html (perkinelmer.com in Bing).

Acesso em: 3 jan. 2026.

QUARESMA, Thiago Junio Costa; VALENTIM, Livia de Aguiar; QUARESMA, Tatiane Costa; MOURA, Quêzia Leandro de; OLIVEIRA JUNIOR, José Max Barbosa. Impactos do processo de urbanização na qualidade de água no Brasil: uma revisão sistemática. Revista Delos, v. 12, n. 4, p. 45-62, 2024. Disponível em: <<https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/2040>>. Acesso em: 14 dez. 2025.

SPERLING, M. V. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.

SHIMADZU CORPORATION. Quantitative Analysis of Nitrate and Nitrite in Water Samples using UV-1900i UV-Vis Spectrophotometer. Application Note 04-AD-0290A-EN. Kyoto: Shimadzu, 2021. Disponível em: https://www.shimadzu.com/an/sites/shimadzu.com/an/files/pim/pim_document_file/applications/application_note/21625/an_04-ad-0290-en.pdf (shimadzu.com in Bing). Acesso em: 3 jan. 2026.

EPA (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY). Method 300.1: Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography. Revision 1.0. Cincinnati: Office of Research and Development, 1997. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-06/documents/epa-300.1.pdf>. Acesso em: 3 jan. 2026.

ZHANG, Y.; et al. Application of UV-Vis spectroscopy in water quality monitoring. Environmental Science & Technology, v. 52, n. 5, p. 2761–2770, 2018.