

TÉCNICAS ANALÍTICAS UTILIZADAS PARA A DETECÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DE FÁRMACOS RESIDUAIS EM CORPOS HÍDRICOS: UMA BREVE REVISÃO DE LITERATURA

Giliard José Lopes

Leonardo Santos Andrade

Resumo: Fármacos são os princípios ativos presentes nos medicamentos. Destinados ao tratamento das mais variadas doenças, eles se consolidaram como itens de extrema necessidade, tornando-se, assim, indispensáveis no dia-a-dia da maioria das pessoas ao redor do mundo. Apesar do notório benefício dos medicamentos, o uso exacerbado de fármacos, atrelado ao seu descarte incorreto, pode acarretar em graves problemas ambientais, como a poluição dos corpos hídricos, que traz prejuízos, muitas vezes irreparáveis, às vidas nativas desses ecossistemas. Visando contribuir para a minimização dos impactos ambientais que os rejeitos farmacológicos podem trazer, variadas metodologias estão sendo aplicadas a fim de detectar, identificar a até mesmo tratar esses resíduos. Sendo assim, é apresentada neste trabalho uma revisão de literatura das principais técnicas analíticas atualmente utilizadas para a detecção e identificação de fármacos residuais presentes em corpos hídricos. A pesquisa para este trabalho foi feita em bases nacionais e internacionais de artigos científicos, bem como em teses e dissertações, e levou em consideração publicações depositadas entre os anos de 2010 e 2025 sobre essa temática. A pesquisa se mostrou relevante, pois demonstrou como técnicas analíticas já consolidadas (Cromatografia, Espectroscopia de massa, entre outras) contribuem para a recuperação de corpos hídricos através da detecção e identificação de fármacos residuais.

Palavras-chave: Fármacos Residuais; Técnicas Analíticas; Corpos Hídricos.

1 INTRODUÇÃO

Fármacos são princípios ativos presentes em medicamentos utilizados para aplicações terapêuticas (RODRIGUES, 2018). Eles podem ser obtidos de fontes naturais, semissintéticas ou totalmente sintéticas. Os de fonte natural correspondem, em grande parte, a metabólitos secundários produzidos por plantas e outros organismos. Os fármacos semissintéticos, por sua vez, resultam da modificação desses metabólitos em laboratório (BARREIRO; BOLZANI, 2009). Já os fármacos sintéticos são moléculas planejadas e construídas integralmente em laboratório (FROZZA, 2021).

O uso terapêutico de fármacos foi expandido de forma significativa ao longo do século XX, impulsionado pelo avanço das técnicas industriais, pela consolidação da química farmacêutica e pela necessidade de tratamentos que se mostrassem mais eficazes (BITTENCOURT; CAPONI; MALUF, 2013). Com a produção em larga escala e a ampliação do acesso, os medicamentos tornaram-se populares e até essenciais para uma boa parte da população. Esse consumo crescente, motivado por uma variedade de condições clínicas e pelo desenvolvimento contínuo de novos princípios ativos, fortaleceu o mercado farmacêutico e estimulou a indústria a manter um ritmo acelerado de produção (LOBO, 2013).

Nos dias atuais, a popularidade do uso de fármacos tornou-se ainda mais elevada com a produção de medicamentos, não apenas para fins terapêuticos, mas também com finalidade estética e de bem-estar. (SILVA; GOMES; ARAUJO, 2024). Esse cenário acende um alerta importante, pois a fabricação excessiva de fármacos associada ao seu uso indiscriminado podem gerar problemas ambientais significativos, tendo como um dos principais destaques a contaminação de corpos hídricos, resultante do descarte inadequado de remédios em esgotos domésticos ou mesmo por efluentes industriais, contribuindo para o acúmulo de resíduos potencialmente perigosos nos ambientes aquáticos, que prejudicam significativamente as vidas dependentes desses ecossistemas (RZYMSKI; DREWEK; KLIMASZYK, 2017).

Diante dos impactos ambientais decorrentes da presença de resíduos farmacológicos, torna-se necessário o uso de técnicas analíticas capazes de subsidiar ações de monitoramento desses compostos em ambientes aquáticos (KÜMMERER,

2010). Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo realizar uma breve revisão de literatura sobre as principais técnicas analíticas empregadas no monitoramento de fármacos residuais em corpos hídricos. A pesquisa foi conduzida utilizando as bases Google Acadêmico, SciELO, Periódico CAPES e dissertações/teses, levando em consideração trabalhos publicados entre os anos de 2010 e 2025 que abordassem diretamente a temática proposta.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Fármacos: um breve histórico

As plantas são utilizadas para fins medicinais desde o início das civilizações e têm a sua aplicabilidade terapêutica sendo relatada desde o período paleolítico (HARDY, 2021). Conhecendo as propriedades curativas das plantas, variados povos antigos desenvolveram a habilidade de utilizá-las para fins terapêuticos e se empenharam em passar esse conhecimento de geração em geração, como é o caso dos chineses e indianos, que são os mais antigos do mundo na prática de manipulação das ervas medicinais e, até hoje, mantêm esse conhecimento vivo. (YU & THAM, 2024).

Com o passar dos séculos, o uso de ervas medicinais ganhou notoriedade entre os cientistas, que buscavam compreender as propriedades farmacológicas das plantas. Esse movimento impulsionou uma corrida pela elucidação dos compostos bioativos, processo que, mais tarde, seria fundamental para o desenvolvimento dos fármacos modernos (DIAS; URBAN; ROESSNER, 2012).

No século XIX, a química passou por avanços significativos, o que corroborou para a consolidação de técnicas de extração e de isolamento de compostos bioativos advindos das plantas, tais como: alcalóides, quininas e morfina, que são substâncias ainda utilizadas na medicina contemporânea (YU & THAM, 2024). Além disso, o avanço da química sintética permitiu a produção da aspirina que, derivada do ácido salicílico (molécula proveniente das plantas), foi construída em laboratório e passou a ser amplamente utilizada como analgésico e anti-inflamatório a partir do ano de 1899 (YU & THAM, 2024).

A popularização dos fármacos veio com força total a partir no século XX, sendo impulsionada pela produção em larga escala da penicilina, após a 2ª Guerra Mundial. Este marco consolidou a indústria farmacêutica e inaugurou uma nova era na produção massiva de medicamentos (CABRERA; SELZER; SPANGENBERG, 2025).

Atualmente, o uso de fármacos é amplamente difundido, não apenas no tratamento de doenças, como no passado, mas também com aplicações estéticas e de bem-estar (SILVA; GOMES; ARAUJO, 2024). Esse padrão de consumo contribui para tornar a indústria farmacêutica global extremamente lucrativa: em 2023, por exemplo, o setor alcançou uma receita estimada em US\$ 1,38 trilhões (GLOBENEWSWIRE, 2025).

2.2 Descarte inadequado de fármacos: um sério problema ambiental

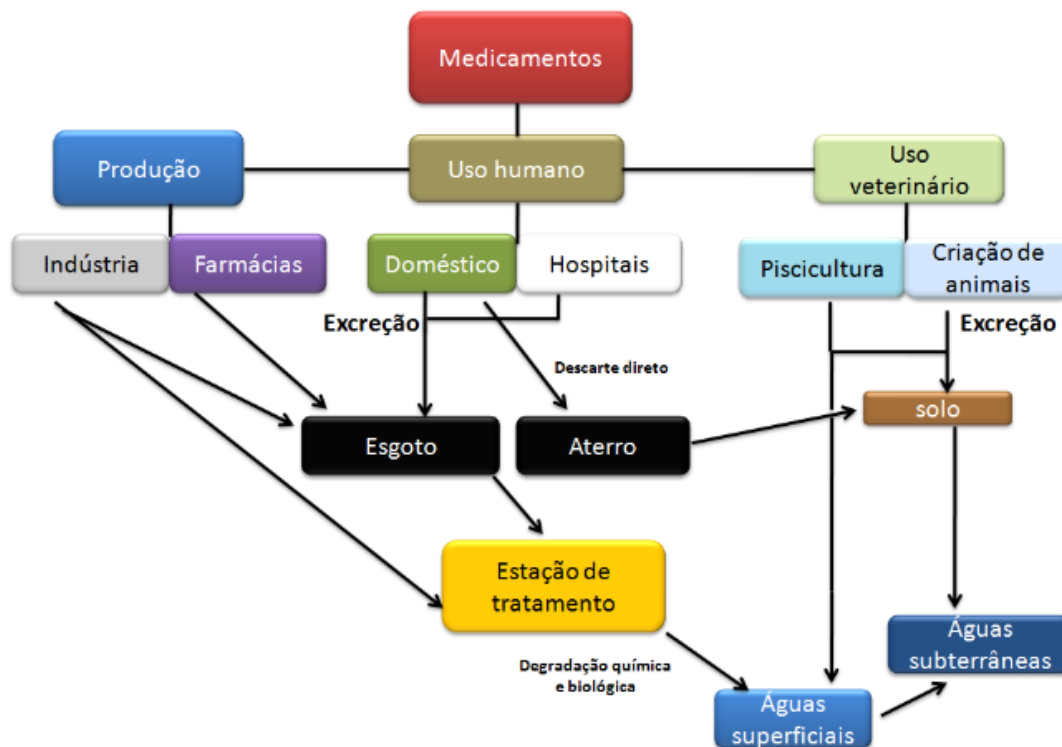
Como apresentado anteriormente, o uso de fármacos se expandiu de forma significativa com o passar do tempo, consolidando-se como parte integrante da rotina da maioria das pessoas. Esses produtos são amplamente adquiridos e utilizados para as mais variadas finalidades, trazendo melhorias para o dia a dia da população. Contudo, esse aumento do acesso e do uso não foi acompanhado, na mesma proporção, por práticas adequadas de descarte. Como consequência, muitos usuários eliminam medicamentos de maneira incorreta no meio ambiente.

Entre os muitos impactos causados à natureza pelo descarte inadequado de fármacos está a contaminação dos corpos hídricos. Esse é, segundo Rzymiski, Drewek e Klimaszy (2017), um problema global e generalizado, que pode levar à alteração das funções ecológicas de rios e lagos e trazer a contaminação da água potável consumida pelos humanos, desencadeando potenciais efeitos adversos à saúde.

A ocorrência de resíduos farmacológicos na natureza é antiga e há indícios da sua presença em todos os tipos de água, tendo-se maior documentação dessa incidência em águas doces superficiais (OECD, 2019). Em se tratando dos agentes contaminantes dessas águas, percebe-se a presença remédios corriqueiramente empregados na medicina moderna, como o ibuprofeno e diclofenaco (OECD, 2019).

A **Figura 1** mostra a rota percorrida pelos medicamentos até chegarem aos ambientes aquáticos.

Figura 1: Fluxograma do percurso dos medicamentos até os corpos d'água.



Fonte: GOMES, 2012.

Diante da presença generalizada de resíduos farmacológicos em corpos hídricos e dos impactos potenciais à saúde humana e aos ecossistemas, pesquisadores vêm desenvolvendo ou aprimorando técnicas analíticas que permitam compreender a extensão dessa contaminação para que, de posse desses dados, possa-se fornecer subsídios para o desenvolvimento de estratégias de descontaminação das águas, que trarão segurança para o consumo desse bem natural, necessário para a manutenção da vida de todas as espécies.

2.3 Técnicas analíticas empregadas no monitoramento de fármacos residuais em corpos hídricos

A seguir, serão descritas, de maneira resumida, as principais técnicas analíticas utilizadas para a identificação de resíduos farmacológicos em ambientes aquáticos. O objetivo dos tópicos que se seguem é de simplesmente apresentar as técnicas de um modo geral, não pretendendo-se aprofundar no funcionamento prático de cada uma delas.

2.3.1 Cromatografia LC-MS/MS (cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas em tandem)

A cromatografia é uma técnica analítica que consiste na separação de compostos presentes em uma mistura. Ela possui uma fase estacionária e uma fase móvel. A separação dos compostos se dá pela interação química deles por uma das fases, ou seja, os que possuírem maior afinidade com a fase estacionária, ficarão mais retidos nela, enquanto que os analitos que tiverem maior interação com a fase móvel, que passa sob fluxo contínuo sobre a fase estacionária, a acompanharão, resultando em uma separação seletiva dos componentes (NASCIMENTO, 2005).

Existem variados tipos de cromatografia, sendo a Cromatografia Líquida uma das mais utilizadas para estudos de identificação de resíduos farmacológicos em corpos d'água (KÜMMERER, 2010). O interesse pelo uso dessa técnica se dá pela facilidade que ela tem de ser acoplada a outras técnicas analíticas, como é o exemplo da *LC-MS/MS* (cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas em tandem), que é a técnica mais indicada para a detecção de rejeitos farmacológicos (VAN HOI et al., 2021).

A aplicabilidade da *LC-MS/MS* para detecção de fármacos em ambientes aquáticos é muito vantajosa, pois pode analisar múltiplos analitos em uma única corrida com altíssima sensibilidade, permitindo baixos limites de detecção e boa confiabilidade (RIBEIRO; FERREIRA; AZEVEDO, 2012), como pode ser observado no trabalho de Molnarova et al. (2023), que utilizando-se da técnica, conseguiu detectar 52 fármacos diferentes em água de abastecimento, com recuperação entre 70–120% e repetibilidade $\leq 20\%$, confirmando a viabilidade da técnica.

2.3.2 LC-HRMS (Cromatografia Líquida acoplada à Espectrometria de Massas de Alta Resolução)

Outra técnica amplamente empregada na detecção de compostos, incluindo resíduos de fármacos, é a *LC-HRMS*. Trata-se de uma abordagem que, novamente, combina a cromatografia líquida com a espectrometria de massas. Como destaca Silva (2023), essa integração é particularmente vantajosa para a elucidação de substâncias: enquanto a cromatografia oferece alta eficiência de separação e elevada

seletividade, a espectrometria de massas fornece informações estruturais e dados precisos de massa, resultando em uma análise mais robusta e confiável.

A premissa básica da técnica é a separação do analito por cromatografia, seguido da sua ionização, que ocorre geralmente por *electrospray ionization (ESI)*. Após essa etapa, esses íons são conduzidos a um local que permite a determinação exata da razão da massa das espécies iônicas produzidas (KAUFMANN, 2012).

Em se tratando da identificação de fármacos em ambientes aquáticos, a *LC-HRMS* tem despertado crescente interesse, sobretudo devido à sua sensibilidade, a qual possibilita o monitoramento de contaminantes, inclusive inesperados, em concentrações relevantes, os quais poderiam passar despercebidos em outras técnicas (KAUFMANN, 2012).

Apesar da *LC-HRMS* e de *LC-MS/MS* serem técnicas em que há o acoplamento entre cromatografia líquida e espectroscopia de massa, as técnicas possuem aplicabilidades distintas. A **Tabela 1** mostra as principais diferenças entre as duas metodologias.

Tabela 1: Comparação entre as técnicas *LC-MS/MS* e *LC-HRMS*.

<i>LC-MS/MS</i>	<i>LC-HRMS</i>
Usada para monitorar alvos específicos	Usada para obter massas exatas
Quantifica compostos conhecidos	Identifica estrutura de compostos desconhecidos
Alta sensibilidade em detecção	Alta sensibilidade, mas menor que a <i>LC-MS/MS</i>
Considerada para análise de rotina	Buscada para identificar novos contaminantes
Limita-se a investigar compostos já conhecidos, mas consegue detectá-los em baixas concentrações	Não detecta compostos em baixas concentrações

Fonte: ELABORADO PELO AUTOR.

2.3.3 GC-MS — Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas

A cromatografia gasosa é um processo de separação de mistura de substâncias que se encontram na fase gasosa. Ela pode ser dividida em cromatografia de gás-líquido ou de gás-sólido. Em ambos os casos, a fase móvel é um gás inerte, que arrastará os compostos voláteis por meio de ductos finos até um detector, que registrará primeiro as substâncias que tiverem menor afinidade pela fase estacionária e, em seguida, as remanescentes (NASCIMENTO et al., 2018).

Como exposto anteriormente, a cromatografia pode ser acoplada a outras técnicas, como é o caso da Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (GC-MS), que tem se mostrado de grande relevância no dia a dia de laboratórios analíticos, uma vez que esse método pode ser aplicado para várias finalidades, entre elas: controle de qualidade de produtos diversos, análise de alimentos e controle ambiental (SANTOS et al., 2016).

Em se tratando de monitoramento ambiental, a GC-MS pode ser empregada na detecção de fármacos residuais, como pode ser observado no trabalho de Gomes (2012), que utilizou a técnica para a detecção de diferentes classes de rejeitos farmacológicos em matrizes aquosas. O autor afirma que a técnica é bem mais acessível que a LC-MS/MS e a LC-MS (que possuem equipamentos de valor elevado e alto custo de manutenção) sendo, portanto, a mais comum nos laboratórios de química analítica. A técnica se limita, entanto, a analisar substâncias já conhecidas, não podendo ser empregada para fins de identificação de novos contaminantes.

2.3.4 Eletroforese capilar

A eletroforese capilar (EC) é uma técnica analítica que consiste na separação de espécies químicas segundo suas cargas elétricas, sejam elas intrínsecas ou adquiridas. Sob a aplicação de um campo elétrico, as substâncias migram ao longo do capilar em diferentes velocidades que são determinadas por sua carga, tamanho e interação com o meio, o que permite a separação dos componentes presentes em uma mistura. Trata-se de uma técnica versátil, que é capaz de separar uma grande variedade de compostos, incluindo hidrocarbonetos aromáticos, vitaminas,

aminoácidos, ácidos orgânicos, íons inorgânicos e fármacos (QUEIROZ; JARDIM, 2001); (SPUDEIT; DOLZAN; MICKE, 2012).

Em relação ao monitoramento de rejeitos farmacológicos, a *EC* tem sido amplamente empregada, pois apresenta simples operação, alta resolução e excelente capacidade de separação dos analitos (ELMORSI & LAI, 2025). No estudo conduzido por Navarro et al. (2011), a técnica foi aplicada para a determinação de anti-inflamatórios não esteroides em águas residuais, obtendo-se desempenho satisfatório na separação dos fármacos. Outro trabalho relevante é o de Elmorsi e Lai (2025), no qual os pesquisadores se dedicaram ao aprimoramento da *EC* para a separação de fármacos hidrocloreto presentes em amostras de água.

Quando comparada a outras técnicas analíticas, a *EC* é mais vantajosa do ponto de vista financeiro e ambiental, pois, além de possuir baixo custo para a aquisição dos capilares, seu uso requer pouco gasto de solvente orgânico, pois o solvente mais utilizado é a água, o que alinha fortemente a técnica aos princípios da química verde (SPUDEIT; DOLZAN; MICKE, 2012).

Apesar de eficiente, a *EC* apresenta algumas limitações, como, por exemplo, inadequação para a determinação de compostos voláteis ou não polares (MARRA, 2018), ela também necessita de acoplamento com outras técnicas, já que, apesar de possuir alta performance na separação de compostos, não é capaz por si só de caracterizá-los.

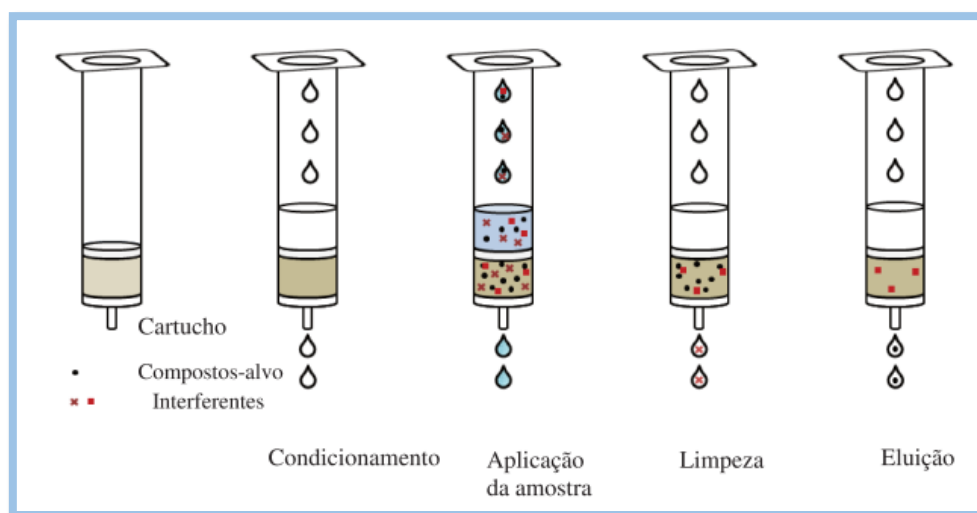
2.3.5 SPE — Extração em Fase Sólida (pré-tratamento de amostras)

A Extração em Fase Sólida (*SPE*) é uma técnica analítica que está intimamente relacionada à separação e pré-concentração de espécies químicas presentes em amostras líquidas (NOVAIS et. al, 2015), incluindo os fármacos residuais dispostos nas águas. Esta técnica é empregada no preparo de amostras e trabalha na extração dos analitos presentes em uma mistura. Quando extraídos, tais analitos podem seguir para serem caracterizados pelas técnicas já abordadas ao longo deste trabalho.

As etapas do processo por *SPE* envolvem o condicionamento, aplicação da amostra, limpeza e eluição, como se pode observar na **Figura 2**. Cada etapa encontra-se também descrita abaixo, de acordo com o que foi apontado no trabalho de Vidal (2015). E a Figura 2 mostra as etapas desse

- **Acondicionamento:** etapa em que a fase sólida é preparada para receber a amostra, garantindo que esteja em condições ideais para interagir com o analito.
- **Aplicação da amostra:** a amostra é introduzida no cartucho, onde o analito fica preferencialmente retido na fase sólida, enquanto componentes indesejáveis passam através do material.
- **Limpeza (*clean up*):** realiza-se a lavagem do cartucho para remover interferentes que não foram retidos ou que estão fracamente ligados.
- **Eluição:** com o analito retido, aplica-se um pequeno volume de eluente capaz de romper sua interação com a fase sólida, obtendo uma solução final limpa e concentrada.

Figura 2: Etapas do processo de SPE.



Fonte: (VIDAL, 2015).

A *SPE* é uma das técnicas mais utilizadas quando o objetivo é a extração de analitos em amostras. Ela traz muitas vantagens sobre a extração líquido-líquido, em função do uso de menores quantidades de solventes orgânicos, além de ser menos trabalhosa, não formar emulsões, poder ser executada no próprio local de coleta e, ainda, poder ser automatizada (QUEIROZ; MELO; JARDIM, 2006).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A crescente demanda por medicamentos vem trazendo variados problemas ambientais decorrentes de seu descarte inadequado, tendo os ambientes aquáticos como os mais afetados. Diante desse cenário, pesquisadores ao redor do mundo têm buscado estratégias que minimizem os impactos dessa prática, empregando técnicas de monitoramento capazes de subsidiar dados essenciais para o tratamento e a gestão da qualidade das águas.

Baseando-se nisso, este trabalho teve o objetivo de apresentar as principais técnicas utilizadas para o monitoramento de fármacos residuais em corpos hídricos. Verificou-se, por meio da pesquisa, que a cromatografia (tanto a líquida quanto a gasosa) é amplamente aplicada para essa finalidade, devido ao seu elevado poder de separação e à capacidade que ela apresenta de ser acoplada a detectores altamente sensíveis, como a espectrometria de massas.

Observou-se ainda que, dentre as técnicas apresentadas, a *LC-MS/MS* é atualmente a mais empregada para a determinação de fármacos residuais, uma vez que permite a análise de múltiplos analitos ao mesmo tempo, apresenta alta sensibilidade e possibilita baixos limites de detecção.

Dessa forma, conclui-se que todas as técnicas discutidas ao longo deste estudo apresentam-se como ferramentas essenciais para o monitoramento ambiental de rejeitos farmacológicos. Apesar de suas limitações individuais, essas técnicas podem atuar de maneira complementar, suprimindo lacunas e ampliando o alcance analítico umas das outras. Essa atuação integrada permite gerar dados mais consistentes e confiáveis, capazes de subsidiar ações de tratamento que contribuam para a melhoria da qualidade da água disponibilizada à população e às demais espécies que dela dependem.

4 AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer imensamente à Universidade Federal do Catalão por disponibilizar este curso de maneira totalmente remota. Podem ter certeza que vocês contribuíram significativamente com crescimento profissional e intelectual de dezenas de pessoas em todo o Brasil.

Quero agradecer também à coordenação do curso, aos professores que lecionaram as disciplinas, aos colegas de turma e, em especial, ao meu orientador Leonardo Santos Andrade pela disponibilidade de me ajudar com o desenvolvimento deste trabalho.

A vocês, o meu mais sincero obrigado!

5 REFERÊNCIAS

BARREIRO, E. J.; BOLZANI, V.S. Biodiversidade: fonte potencial para a descoberta de fármacos. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 679-688, 2009.

BITTENCOURT, S. C.; CAPONI, S.; MALUF, S. Farmacologia no século XX: a ciência dos medicamentos a partir da análise do livro de Goodman e Gilman. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, v. 20, n. 2, p. 499-520, 2013. DOI: 10.1590/S0104-59702013005000007.

CABRERA, D. G.; SELZER, P. M.; SPANGENBERG, T. A Brief History of the Pharmaceutical Industry. In: SPANGENBERG, T. (ed.). Praziquantel. Cham: Springer, 2025. p. 1–20. DOI: 10.1007/978-3-031-97397-0_1.

DIAS, D. A.; URBAN, S.; ROESSNER, U. A historical overview of natural products in drug discovery. **Metabolites**, v. 2, n. 2, p. 303-336, 2012. DOI: 10.3390/metabo2020303. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2218-1989/2/2/303>. Acesso em: 28 nov. 2025.

ELMORSI, E. T.; LAI, E. P. C. Optimization of capillary electrophoresis by central composite design for separation of pharmaceutical contaminants in water quality testing. **Environments**, v. 12, n. 1, p. 22, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/environments12010022>.

FROZZA, C. **Avaliação da atividade antiagregante de uma série de piranocumarinas e cromenonas sintéticos**. 2021. 112 f. Dissertação (Mestrado em Farmácia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Farmácia, Florianópolis, 2021.

GLOBE NEWSWIRE. **Pharmaceuticals Global Industry Guide 2024: a US\$ 1,38 Trillion Market in 2023 – Competitive Landscape, Key Financial Metrics and Analysis of Industry Pressures to 2028**. 15 nov. 2024. Disponível em: <https://www.globenewswire.com/news->

release/2024/11/15/2981942/0/en/Pharmaceuticals-Global-Industry-Guide-2024-A-1-38-Trillion-Market-in-2023-Competitive-Landscape-Key-Financial-Metrics-and-Analysis-of-Industry-Pressures-to-2028.html. Acesso em: 11 dez. 2025.

GOMES, P. C. F. L. **Desenvolvimento e aplicação de técnicas miniaturizadas de preparo de amostra na determinação de fármacos no ambiente**. 2012. Tese (Doutorado em Química Analítica e Inorgânica) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012. DOI: 10.11606/T.75.2012.tde-10102012-145948. Acesso em: 5 dez. 2025.

HARDY, K. Paleomedicine and the evolutionary context of medicinal plant use. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 31, n. 1, p. 1–15, 2021.

VAN HOI, B. et al. Determination of pharmaceutical residues by UPLC-MS/MS method: validation and application on surface water and hospital wastewater. **Journal of Analytical Methods in Chemistry**, v. 2021, p. 1–12, 2021.

KAUFMANN, A. The current role of high-resolution mass spectrometry in food analysis. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 402, n. 7, p. 2403–2411, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00216-011-5629-4>. Acesso em: 10 dez. 2025.

KÜMMERER, K. Pharmaceuticals in the environment. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 35, p. 57-75, 2010.

LOBO, S. A. Características da indústria farmacêutica no Brasil durante o século XX: expansão e divisão internacional do trabalho. **Revista Plurais**, v. 3, n. 1, p. 82-108, 2013.

MARRA, M. C. **Desenvolvimento de métodos simples e rápidos para determinação de fármacos por eletroforese capilar com detecção condutométrica sem contato (CE-C4D)**. 2018. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2018.8006>.

MOLNAROVA, L. et al. Monitoring pharmaceuticals and personal care products in drinking water samples by the LC-MS/MS method to estimate their potential health risk. **Molecules**, v. 28, n. 15, p. 5899, 2023. DOI: 10.3390/molecules28155899.

NASCIMENTO, D. F. **Determinação de nimodipino em plasma humano através de cromatografia de alta eficiência acoplada à espectrometria de massa (LC-MS-MS)**. 2005. 175 p. Dissertação (Mestrado em Farmacologia) – Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

NASCIMENTO, R. F. do et al. Cromatografia gasosa: aspectos teóricos e práticos. **Fortaleza: Imprensa Universitária**, 2018. Recurso eletrônico.

NOVAIS, A. S.; RIBEIRO FILHO, J. F.; AMARAL, E. M. F.; FARIA, A. M. Novo solvente de hidrofobicidade reduzida para extração em fase sólida: preparação e caracterização. **Química Nova**, v. 38, n. 2, p. 274–279, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20140312>. Acesso em: 29 nov. 2025.

OECD. Pharmaceutical Residues in Freshwater: Hazards and Policy Responses. Paris: **OECD Publishing**, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/c936f42d-en>. Acesso em: 28 nov. 2025.

QUEIROZ, S. C. N.; JARDIM, I. C. S. F. Eletroforese capilar. **Revista Chemkeys**, n. 8, 2001. Disponível em: <https://chemkeys.com>. Acesso em: 3 dez. 2025.

QUEIROZ, S. C. N.; MELO, L. F. C.; JARDIM, I. C. S. F. Novos sorventes baseados em poli(metiloctilsiloxano) sobre sílica para uso em extração em fase sólida. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 637–640, 2006.

RIBEIRO, M. C.; FERREIRA, A. C.; AZEVEDO, J. C. R. Aplicação de LC-MS/MS na determinação de micropoluentes emergentes em matrizes ambientais. **Química Nova**, 2012.

RODRIGUES, A. T. **Farmacognosia**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018. 208 p.

RZYMSKI, P.; DREWEK, A.; KLIMASZYK, P. Pharmaceutical Pollution of Aquatic Environment: An Emerging and Enormous Challenge. **Limnological Review**, v. 17, n. 2, p. 97–107, 2017. DOI: 10.1515/limre-2017-0010.

SANTOS, A. P. dos et al. Cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massas (CG-EM) e suas diversas aplicações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE – CONBRACIS, 2016. Editora Realize, 2016. Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conbracis/2016/TRABALHO_EV055_MD4_SA3_ID361_26052016180556.pdf. Acesso em: 25 nov. 2025.

SILVA, C. M. M.; GOMES, L. A.; ARAUJO, R. C. O papel emergente do farmacêutico na saúde estética: desafios e perspectivas. **Ciências da Saúde**, v. 29, ed. 141, 7 dez. 2024. Revista FT.

SILVA, T. T. P. **Uso da técnica LC-HRMS associada a métodos quimiométricos (PLS-DA e SVM) para detectar câncer de próstata através da**

urina. 2023. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023. DOI: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2023.478>.

VIDAL, C. **Fases fluoradas como solventes para extração em fase sólida de pesticidas e compostos perfluorados.** 2015. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química, Campinas, SP, 2015. 1 recurso online (104 p.). Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/1627071>. Acesso em: 9 dez. 2025.

NAVARRO, M. V. et al. Capillary electrophoresis determination of nonsteroidal anti-inflammatory drugs in wastewater using hollow fiber liquid-phase microextraction. **Electrophoresis**, v. 32, n. 16, p. 2107-2113, 2011. DOI: 10.1002/elps.201100105.

YU, C. X.; THAM, C. L. Drug discovery and development: a historical overview, current challenges and perspectives. **Life Sciences, Medicine and Biomedicine**, v. 8, n. 1, p. 137, 2024. DOI: 10.28916/lmb.8.1.2024.137.