

DETERMINAÇÃO DE CATINONAS SINTÉTICAS EM AMOSTRAS BIOLÓGICAS FORENSES POR MÉTODOS CROMATOGRÁFICOS

Guilherme Graça¹, Mariana Madeira¹, Sara Amaral¹

¹Mestrando/a em Tecnologias Laboratoriais em Ciências Forenses, Instituto Universitário Egas Moniz, Almada, Portugal

Mestrado em Tecnologias Laboratoriais em Ciências Forenses – Análise Instrumental Avançada - GG, MM & SA

Introdução

Novas Substâncias Psicoativas e Catinonas Sintéticas

As novas substâncias psicoativas (NSP) representam riscos à saúde pública semelhantes aos das drogas controladas e um desafio crescente para os laboratórios de toxicologia forense. Entre elas, as catinonas sintéticas (SCt) são uma das classes mais relevantes, devido à sua diversidade estrutural e ao impacto crescente no mercado europeu de drogas ilícitas. Derivadas da catinona, principal componente ativo do khat (*Catha edulis*, Figura 1), são consumidas pelos seus efeitos estimulantes semelhantes à cocaína e às anfetaminas. Estruturalmente, tratam-se de β -ceto-fenilaminas quirais, com modificações em diferentes posições da molécula de catinona (Figura 2).

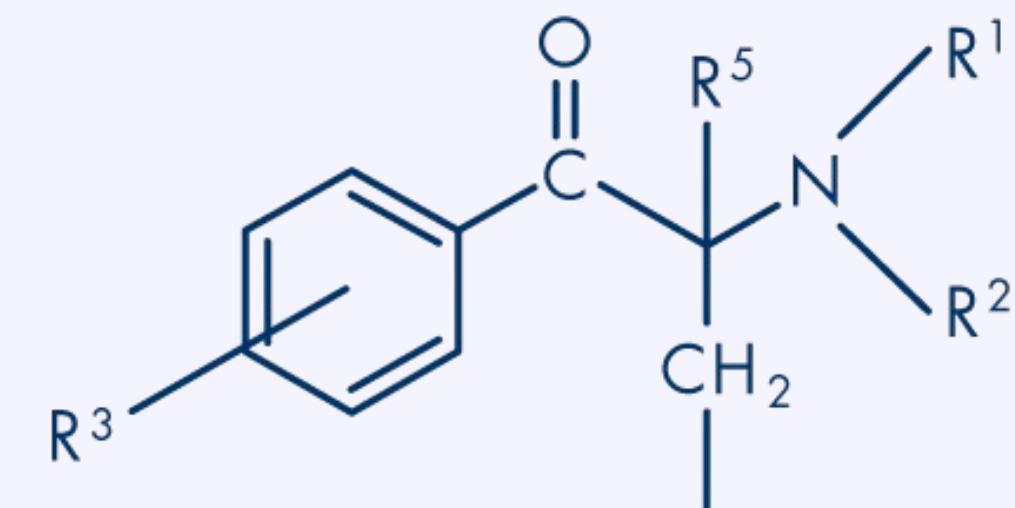


Figura 1 – Planta *Catha edulis* (khat).

Figura 2 – Estrutura química geral de um derivado de catinona mostrando os padrões de substituição.

Objetivo

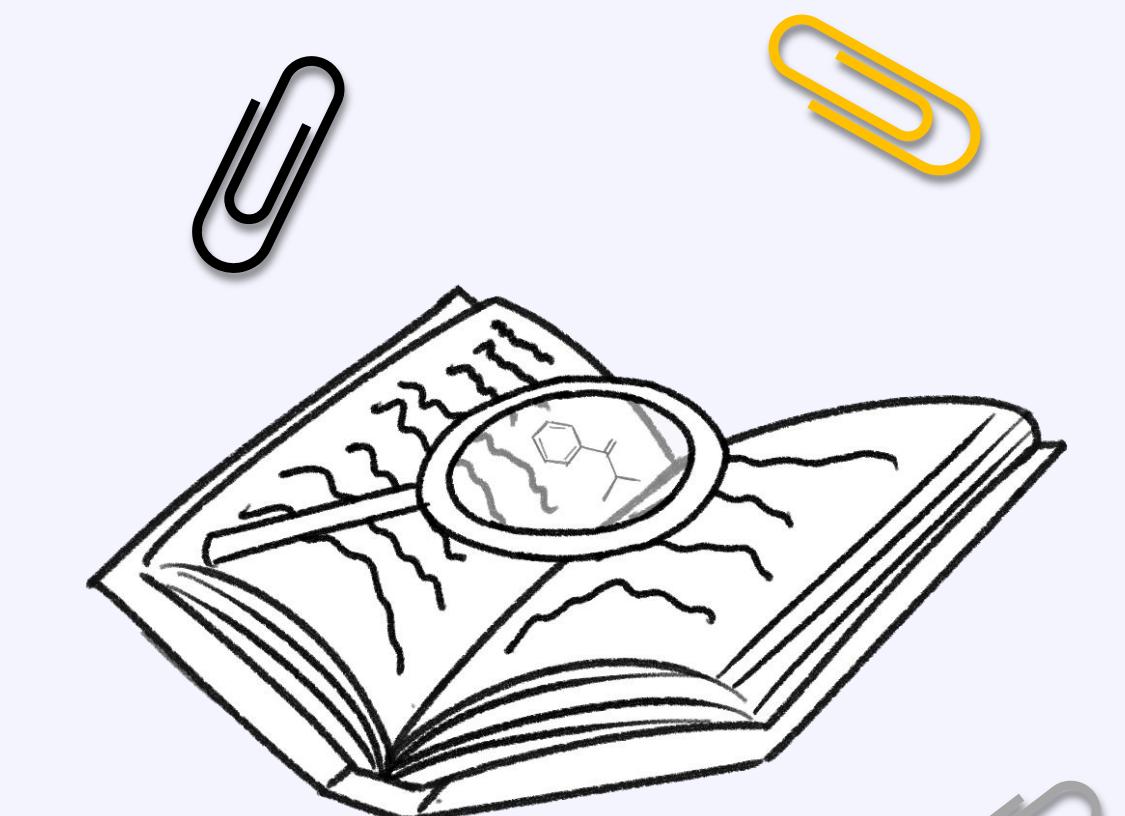
Este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão da literatura focada exclusivamente nos métodos cromatográficos utilizados para a determinação de SCt em diferentes amostras biológicas, como fluido oral, sangue, urina e cabelo, apresentando algumas das suas vantagens e limitações.

Desenvolvimento

Metodologia de pesquisa

Tabela 1 – Metodologia de pesquisa bibliográfica utilizada na seleção dos estudos, incluindo: plataformas, período, palavras-chave, critérios de seleção e estratégias de pesquisa.

Critério	Detalhes
Plataformas	PubMed, Google Scholar, ScienceDirect, UNODC
Período	2020–2025, incluindo artigos anteriores quando relevante
Palavras-chave	NSP, synthetic cathinones, GC-MS, LC-MS/MS, HPLC, urine, blood, hair, oral fluids
Inclusão	Revisões e artigos originais sobre NSP/catinonas sintéticas e métodos analíticos em matrizes biológicas; inglês/português; métodos para rastreio/quantificação
Exclusão	Estudos não relacionados com o tema, trabalhos aplicados em animais não aplicáveis, trabalhos que repetissem as mesmas técnicas e métodos em conjunto
Tipo de estudo	Revisões sistemáticas, artigos originais, validação de métodos analíticos
Data	Outubro e Novembro 2025
Estratégia	Combinação de palavras-chave; análise de referências originais; consulta de artigos citados nos principais trabalhos de metodologia analítica
Observações	Ênfase em técnicas estudadas (GC-MS, LC-MS/MS, HPLC); priorização de artigos relevantes para rastreio e quantificação



Métodos cromatográficos aplicados a amostras biológicas

A determinação de catinonas sintéticas em amostras biológicas requer a aplicação de uma técnica de extração prévia ao método analítico a aplicar. A tabela apresenta onze trabalhos selecionados dos dezasseis trabalhos analisados, representando as técnicas de extração e os métodos analíticos mais utilizados na literatura (Tabela 2).

Tabela 2 – Principais métodos descritos na literatura para a determinação de catinonas sintéticas em matrizes biológicas forenses, incluindo técnicas de extração, métodos analíticos utilizados, limites de deteção (LOD), observações relevantes sobre desempenho analítico e referências associadas.

Matriz	Técnica de Extração	Método Analítico	LOD (µg/L)	Observações	DOI
Fluido oral	BAµE-µLD	GC-MS (SIM)	100	Rastreio qualitativo; baixo uso de solvente	https://doi.org/10.3390/analytica3010002
	MEPS (C18)	LC-MS/MS (MRM)	0,05	Filosofia green; precisão <11,6%; viés <7,5%; cartucho MEPS com vida útil	https://doi.org/10.1007/s11419-023-00671-z
Urina	SPE	GC-MS (SIM)	0,7–7	Alta seletividade; requer derivatização; alcança altas recuperações	https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2025.112469
	MSPE	GC-MS (SIM)	5–10	Elevada abrangência (análise simultânea de 16 catinonas); recuperações muito elevadas (média de 87% a 99%).	https://doi.org/10.3390/separations9010003
	SPE	HPLC-UV-Vis	1000 – 1470	Separação enantiomérica eficaz (para 18 compostos); recuperações muito altas (média de 96% a 98%); método otimizado para concentrações elevadas	https://doi.org/10.1093/chromsci/bmz008
	SPE	HPLC-DAD	40	Método seletivo e preciso; desvio padrão relativo < 3%; recuperações 71 a 82 %	https://doi.org/10.1093/chromsci/bms183
Sangue	LLE	LC-MS/MS (MRM)	Não apresentado	Alta seletividade; alto consumo solventes.	https://doi.org/10.1002/jms.5178
	SPE	GC-MS (SIM)	0,7–7	Não requer Derivatização para N-pirrolidínicas; alta sensibilidade	https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2025.112469
	LLE	LC-MS/MS (coluna quiral; MRM)	0,5	Alta seletividade devido ao uso de coluna quiral (permite separação enantiomérica); consumo elevado de solventes (LLE)	https://doi.org/10.1016/j.talanta.2022.123986
Cabelo	EME	LC-MS/MS (MRM)	0,1	Excelente limpeza da matriz; desempenho sensível à corrente elétrica.	https://doi.org/10.1016/j.scientificreports.2024.101494
	SPE	LC-MS/MS (MRM)	0,01–0,25 (0,1 a 2,5 µg/mg)	Extrema sensibilidade e abrangência; requer 20 mg de cabelo; limitada para quantificação de isômeros estruturais como 3-MMC e 4-MMC.	https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2019.02.036
	IL-overnight	UHPLC-HRMS (Orbitrap)	0,005	Extrema sensibilidade elevada seletividade (HRMS); precisão e viés dentro dos limites aceitáveis (CV < 15%); recuperação > 64%; aplicável a amostras forenses reais.	https://doi.org/10.26355/eurrev_202207_29289

Notas: **BAµE-µLD** - Extração em fase sólida em barra – dessorção líquida em microescala; **EME** - Extração eletromembranar; **GC-MS** - Cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa; **HPLC-DAD** - Cromatografia líquida de alta eficiência com detector de arranjo de dióxidos; **HPLC-UV-Vis** - Cromatografia líquida de alta eficiência com detecção ultravioleta e visível; **IL-overnight** - Extração assistida por líquido iônico com incubação prolongada; **LC-MS/MS** - Cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massa em tandem; **LLE** - Extração líquido-líquido; **LOD** - Limite de deteção; **MEPS** - Microextração em fase sólida empacotada; **MRM** - Monitorização de múltiplas reações; **MSPE** - Microextração em fase sólida magnética; **SIM** - Monitorização de iões selecionados; **SPE** - Extração em fase sólida; **UHPLC-HRMS** - Cromatografia líquida ultrarrápida acoplada à espectrometria de massa de alta resolução.

Conclusão

- As técnicas GC-MS e LC-MS/MS são as mais utilizadas na análise de catinonas sintéticas.
- Os métodos acoplados à espectrometria de massa apresentam maior sensibilidade e seletividade.
- A seleção do método analítico depende da matriz biológica e do contexto forense.

- SPE, LLE, EME e MEPS constituem técnicas de extração eficazes e amplamente aplicadas.
- A combinação de métodos de extração robustos com cromatografia acoplada à MS é a abordagem mais fiável para a identificação e quantificação destas substâncias.