

## SEMINÁRIO ACOMPANHAMENTO

Edital nº 16/2020 - PROCAD Segurança Pública e Ciências Forenses

# Rede de Cooperação em Ciência Forense: Desenvolvimento de métodos e tecnologias aplicados à identificação de drogas, GSR, explosivos e fraudes em bebidas

Coordenador: **Marcelo Martins de Sena**

Linha: Química e Toxicologia Forense

Área de Conhecimento: Química Analítica

## Equipe

## SEMINÁRIO ACOMPANHAMENTO

Edital nº 16/2020 - PROCAD Segurança Pública e Ciências Forenses



Marcelo Martins de Sena  
Coordenador Principal – UFMG



Sherlan Guimarães Lemos  
Coordenador Associado – UFPB



Marcus Vinícius Andrade  
Polícia Federal-MG



Clésia C. Nascentes  
UFMG



Mariana R. Almeida  
UFMG



Rodrigo A. Heringer  
UFG (UFSC)



Pablo Marinho  
Polícia Civil-MG



Yuri Machado  
Polícia Civil-MG



Luciano Arantes  
Polícia Civil - DF



Ângelo de Fátima  
UFMG



Ricardo M. Orlando  
UFMG



Rogério Lordeiro  
Polícia Civil-MG



Washington de Paula  
Polícia Civil-MG



Renata Faraco  
Polícia Civil-MG

Desenvolvimento de métodos analíticos simples, rápidos, limpos e de baixo custo para aplicações em três áreas principais de interesse prioritário forense:

- (i) análises de drogas ilícitas apreendidas,
- (ii) análises de resíduos de armas de fogo e
- (iii) análises de adulteração e fraudes em bebidas.

### **Objetivos específicos:**

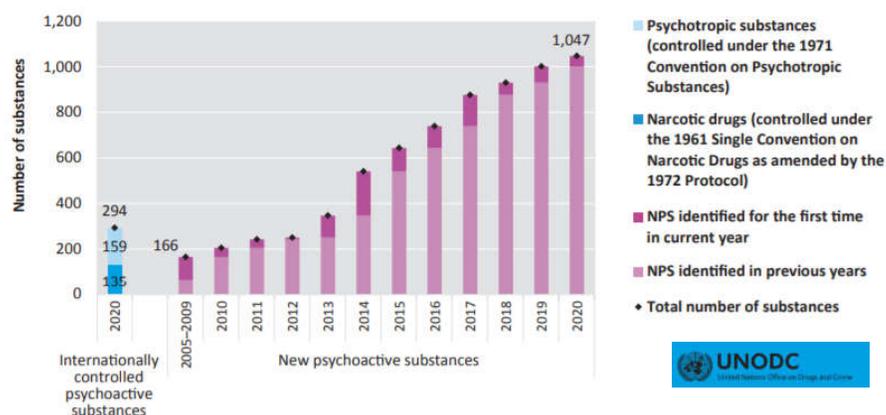
Desenvolvimento de tecnologias capazes de promover a detecção rápida e precisa de drogas apreendidas, incluindo novas substâncias psicoativas.

Desenvolvimento de método de análise de resíduos de arma de fogo (GSR) utilizando a técnica spICP-MS.

Desenvolvimento de métodos de detecção e/ou quantificação de fraudes em bebidas, empregando técnicas espectroscópicas e sensores eletroquímicos aliados a ferramentas quimiométricas.

## DESENVOLVIMENTO DE MÉTODOS PARA IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS PSICOATIVAS EM DROGAS APREENDIDAS E FLUIDOS BIOLÓGICOS

FIG. 38 Number of internationally controlled drugs in 2020 and new psychoactive substances identified at the global level, 2005–2020 (cumulative figures)



A análise de substâncias ilícitas é uma das maiores demandas das Unidades de Perícias Oficiais no Brasil.

O mercado de drogas ilícitas envolve uma grande diversidade de substâncias psicoativas, muitas destas introduzidas nos últimos anos: Mais de 1000 NPS (*New Psychoactive Substances*) desde 2009.

Em muitos casos, não existem métodos presuntivos para as NPS, o que dificulta o combate ao tráfico de drogas.

SÍNTESE DE SUBSTÂNCIAS PARA FINS FORENSES E FARMACOLÓGICOS

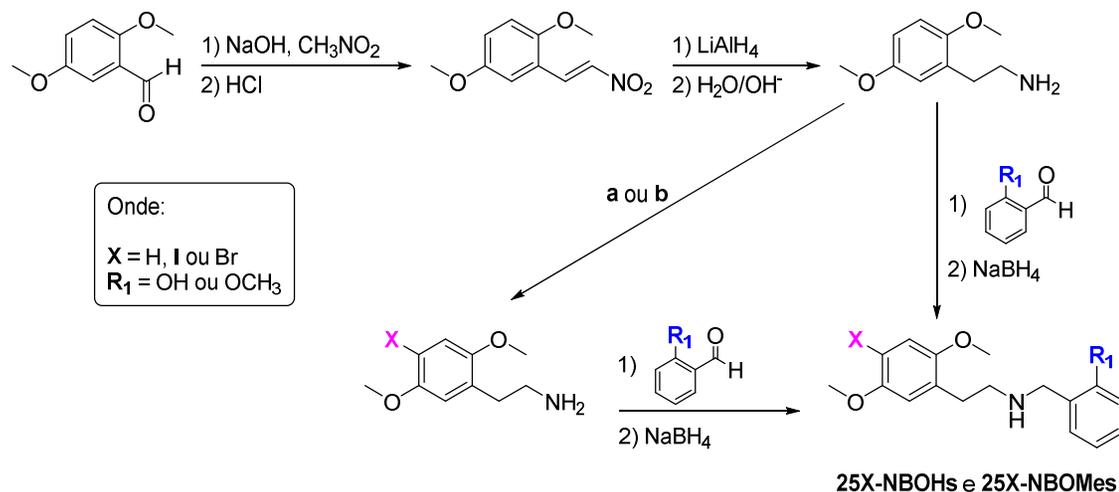


Synthesis of 25X-BOMes and 25X-NBOHs (X = H, I, Br) for pharmacological studies and as reference standards for forensic purposes<sup>†\*</sup>

Wellington Alves de Barros<sup>a</sup>, Marcelo Pereira Queiroz<sup>a</sup>, Leonardo da Silva Neto<sup>a</sup>, Grazielle Martins Borges<sup>a</sup>, Felipe Terra Martins<sup>b</sup>, Ângelo de Fátima<sup>a,\*</sup>

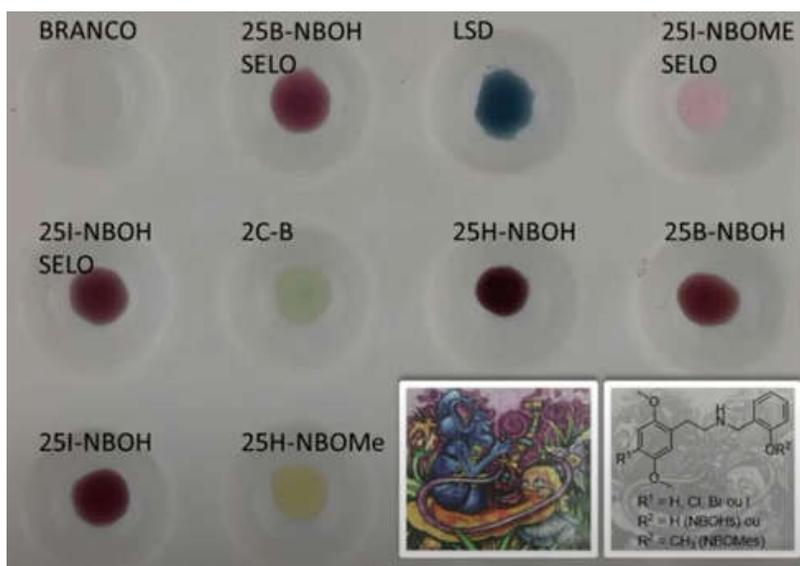
<sup>a</sup> Departamento de Química, Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG 31270-901, Brazil  
<sup>b</sup> Instituto de Química, Universidade Federal de Goiás, CP 131, 74001-970 Goiânia-GO, Brazil

Obtenção dos compostos com alta pureza e baixo custo, permitindo o avanço dos estudos forenses e também a avaliação da atividade farmacológica destes.



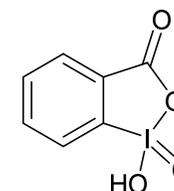
Esquema simplificado de síntese das NBOHs e NBOMes

### DESENVOLVIMENTO DE MÉTODOS COLORIMÉTRICOS PARA DETECÇÃO DE DROGAS



Seletividade do ácido 2-iodoxibenzoico (IBX) para diversos compostos. As cores observadas para o LSD e 25I-NBOMe é decorrente da matriz utilizado para a extração, não da reação.

- Métodos colorimétricos são simples, podem ser aplicados no momento da apreensão e apresentam baixo custo.
- Recentemente, nosso grupo desenvolveu um método colorimétrico para detecção e quantificação de NBOHs em selos (Patente BR1020200158783).



Ácido 2-iodoxibenzoico

- Após a otimização do método, foi fornecido aos agentes um vídeo de treinamento para aplicação em campo do método colorimétrico, também disponível no canal do deFátimaLAB no YouTube.



04/08/2020 870200097565  
14:48  
0000221705601710

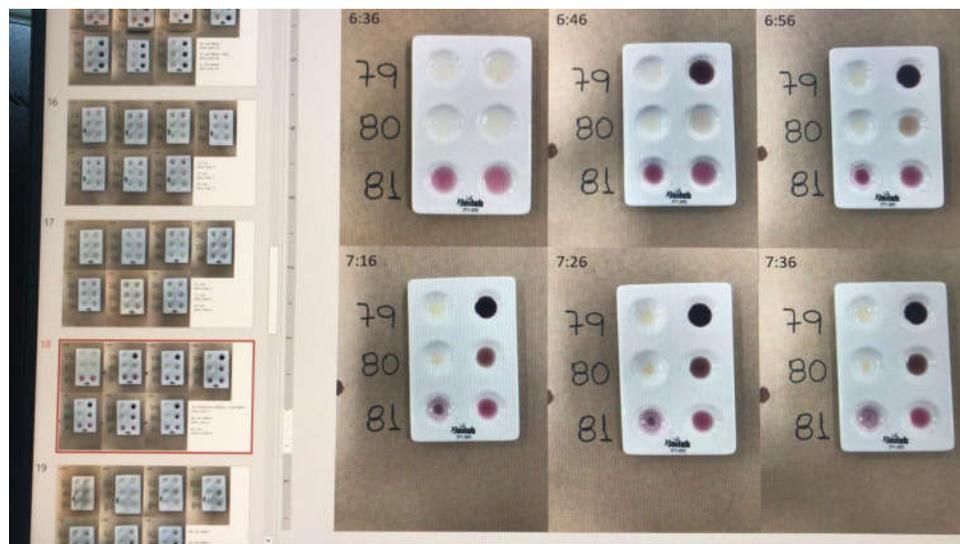
Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2020 015878 3

#### Dados do Depositante (71)

Depositante 1 de 1

Nome ou Razão Social: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS



Testes realizados em drogas apreendidas pela Polícia Civil do DF.

**Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54):** USO DO ÁCIDO 2-IODOXIBENZÓICO E PROCESSO PARA IDENTIFICAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS PSICOATIVAS DA CLASSE DOS NBOH

**Resumo:** A presente tecnologia se refere ao uso do ácido 2-iodoxibenzóico (IBX) como reagente colorimétrico em testes para a detecção e identificação de compostos psicoativos da classe das fenetilaminas (NBOH). A tecnologia se refere ainda ao processo para a identificação e a quantificação dessa classe de compostos através de imagens digitais.

### Sistema automatizado para eletroextração multifásica:

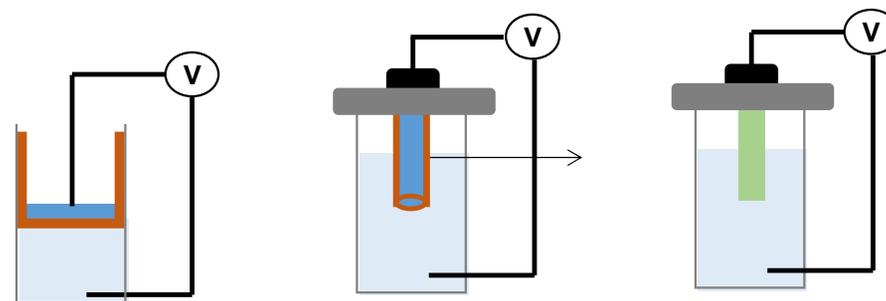
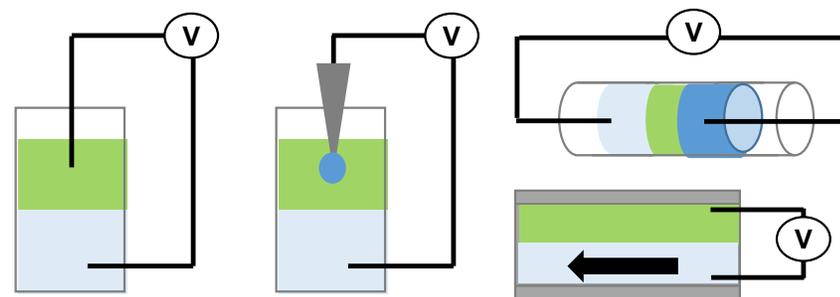
- ✓ Amostras complexas (saliva, sangue, urina, ambiental, alimentos, etc) são particularmente desafiadoras para alcançar os níveis de pré-concentração e *clean-up* necessários em determinação onde os analitos em níveis de ppb ou menor.



Laboratório de Microfluídica e Separações



- ✓ Nos últimos anos foram desenvolvidas diferentes técnicas de preparo de amostras que empregam campo elétrico como força motriz para extração de analitos e remoção de interferentes eletricamente carregados.
- ✓ Essas técnicas, de forma abrangente denominadas de eletroextração, já demonstraram vantagens como seletividade, rapidez, baixo consumo de solventes orgânicos e possuem expressiva capacidade de produzir extratos muito limpos e com elevado fator de enriquecimento.



Talanta 222 (2021) 121540



Contents lists available at ScienceDirect

### Talanta

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/talanta](http://www.elsevier.com/locate/talanta)



#### Large-volume electric field-assisted multiphase extraction of malachite green from water samples: A multisample device and method validation

Jaime dos Santos Viana, Marina Caneschi de Freitas, Bruno Gonçalves Botelho, Ricardo M. Orlando

Talanta 224 (2021) 121887



Contents lists available at ScienceDirect

### Talanta

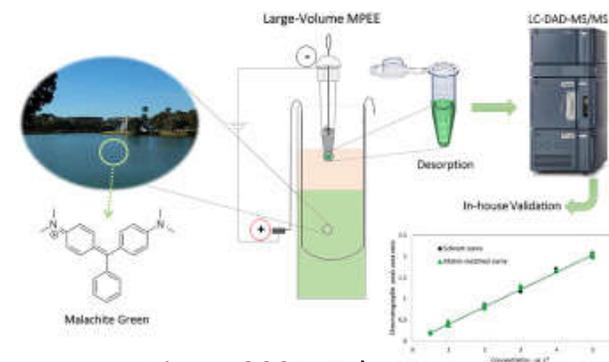
journal homepage: [www.elsevier.com/locate/talanta](http://www.elsevier.com/locate/talanta)



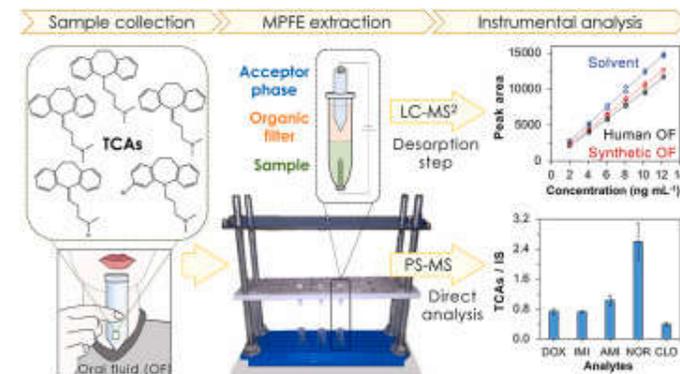
#### Electric field-assisted multiphase extraction to increase selectivity and sensitivity in liquid chromatography-mass spectrometry and paper spray mass spectrometry

Millena Christie Ferreira Avelar, Clesia Cristina Nascentes, Ricardo Mathias Orlando

Laboratório de Microfluídica e Separações, LaMS, Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 30123-970, Minas Gerais, Brazil



Viana, 2021. Talanta



Avelar, 2021. Talanta

### Desenvolvimento e aplicações de sistema automatizado de eletroextração

#### ✓ Características

- 1) Multiamostras de diferentes volumes.
- 2) Controle do potencial elétrico, altura dos eletrodo, tempo e agitação das amostras.
- 1) Processo automatizado.

#### ✓ Vantagens

- 1) Maior frequência analítica.
- 2) Repetibilidade e versatilidade.
- 3) Facilidade de operação
- 4) Baixo custo (menor que US\$ 500).

#### Aplicações atuais

- ✓ Extração de doxorrubicina em saliva.  
Determinação por *Digital Image Analysis*
- ✓ Extração de poluentes e contaminantes emergentes em água



INPI: BR132022013516-8



#### - Drogas facilitadoras de crimes (DFCs)

Substâncias químicas que são ingeridas, usualmente de forma involuntária pela vítima, que fica susceptível à violência sexual, roubo, extorsão de dinheiro ou qualquer outro delito, sem nenhuma ou pouca resistência e sem o seu consentimento.

### Golpe Boa noite Cinderela (casos na mídia)

G1

Suspeita de dar o golpe 'boa noite, Cinderela' e roubar quase R\$ 10 mil via PIX é presa em Copacabana

Policiais civis prenderam nesta quarta-feira (29) em Copacabana, na Zona Sul do Rio, uma mulher suspeita de aplicar o golpe conhecido como...

1 mês atrás

G1

Justiça mantém condenação de acusado de aplicar golpe 'boa noite, Cinderela' em SP

... manteve a condenação do homem que dopava e roubava as vítimas ao aplicar o golpe conhecido como 'boa noite, Cinderela', em São Paulo.

12 de mai. de 2022

Terra

Campanha lança cartilha e alerta sobre golpes de 'boa noite, Cinderela'

Golpes como o já conhecido 'boa noite, Cinderela', em que substâncias são colocadas em bebidas de outra pessoa, até a mais nova modalidade...

2 semanas atrás

terra

Noticias R7

Movimento luta para enquadrar como crime o golpe 'Boa Noite, Cinderela'

Para que o golpe "Boa Noite Cinderela" seja enquadrado como um crime, foi criado um movimento que ganhou o nome de "Acorda Cinderela".

3 semanas atrás



Record TV

Ladrões dopam vítimas para assaltar em São Paulo

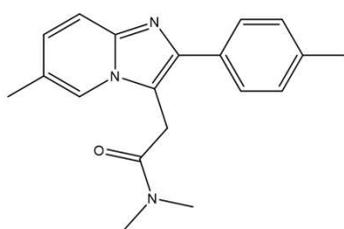
Os ladrões dopavam as vítimas para assaltar, ação parecida com a do golpe "Boa noite, Cinderela". Veja também.

9 horas atrás

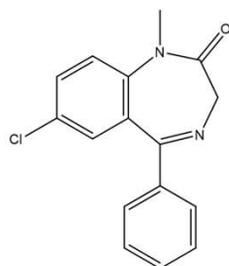


**Objetivo:** Associar a espectroscopia Raman intensificada por superfície (SERS) à espectrometria de massas c/ ionização por *paper spray* (PS-MS) empregando um substrato plasmônico c/ dupla finalidade

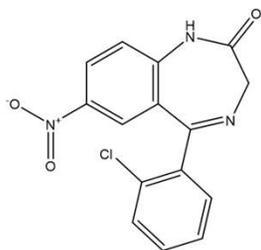
### Analitos selecionados



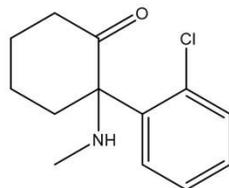
Zolpidem ( $[M+H]^+ = 308$ )



Diazepam ( $[M+H]^+ = 285 / 287$ )



Clonazepam ( $[M+H]^+ = 316 / 318$ )



Ketamina ( $[M+H]^+ = 238 / 240$ )



Simulação de crimes (DFC / DFSA)

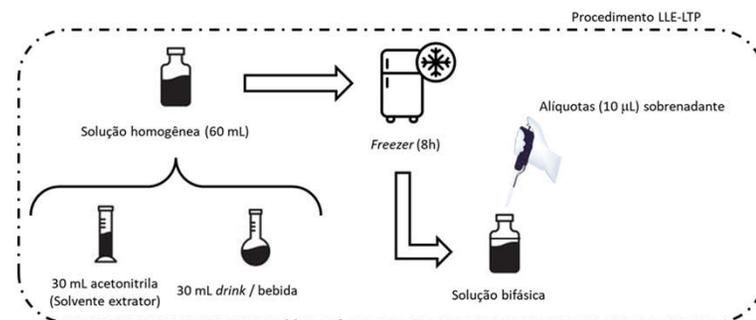
#### Analitos selecionados:

- Diazepam;
- Zolpidem;
- Clonazepam, e;
- Ketamina.

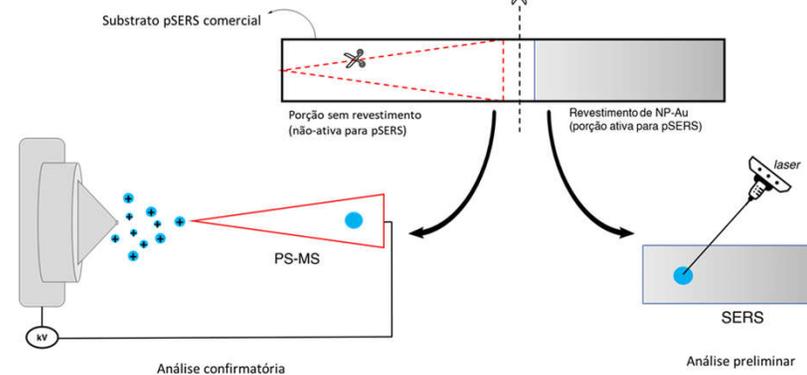
**0,01-0,03 mg/mL**

#### Bebidas e *drinks* selecionados:

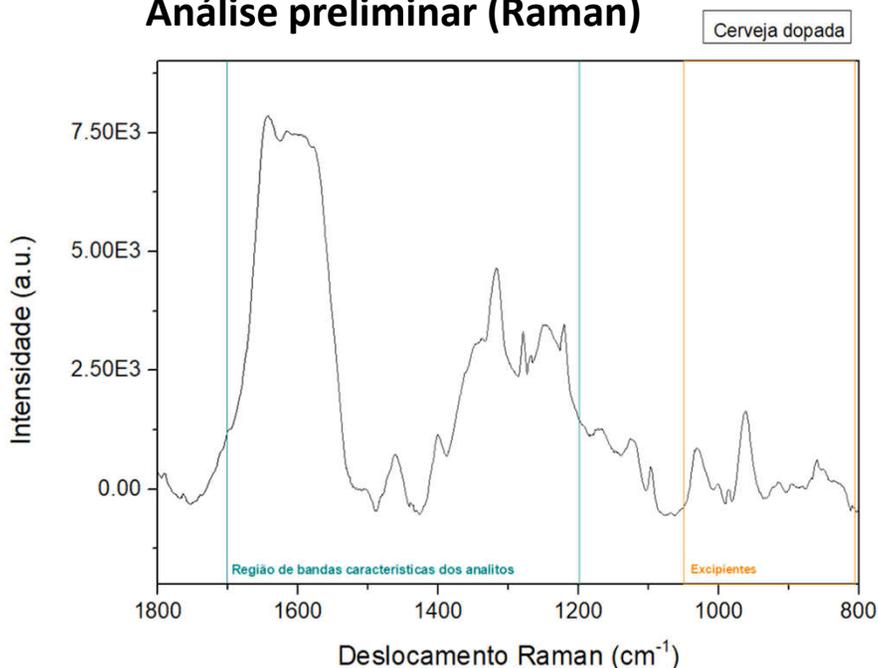
- Cerveja;
- Catuaba de açaí;
- Gin tônica, e;
- Coca cola zero com vodka.



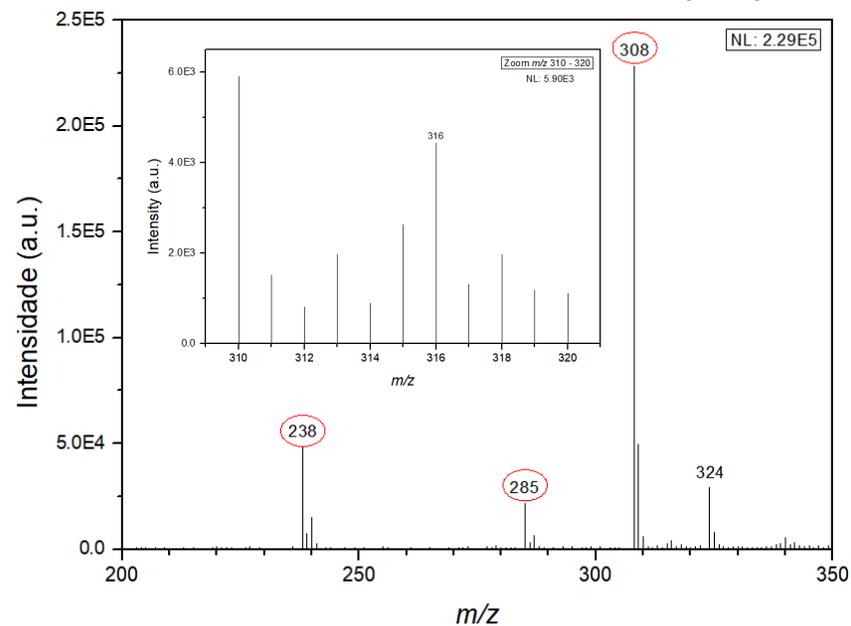
### Extração à baixa temperatura



### Análise preliminar (Raman)



### Análise confirmatória (MS)



Conservando as vantagens e limitações, a associação SERS-PS-MS é composta por dois passos analíticos, que podem ser realizados em um mesmo substrato utilizando uma quantidade reduzida de amostra e obtendo resultados sensíveis que atendem às demandas de laboratórios forenses.

## DETECÇÃO COMPOSTOS POUCO VOLÁTEIS EM AMOSTRAS DE DROGAS APREENDIDAS UTILIZANDO COLUNAS CURTAS EM GC-MS

- A CG é muito usada, mas limitada à análise de substâncias **voláteis** e **termicamente estáveis**.
- O uso de colunas curtas em GC-MS permite superar essas limitações, com pequeno impacto na resolução dos picos
- O uso da coluna curta também reduz a pressão do sistema, permitindo maiores fluxos e menores temperaturas para eluição do analito.
- Todas estas características permitem a detecção de compostos voláteis presentes na cocaína como diluentes ou adulterantes (*cutting agents*).
- Foram detectados: antioxidantes plásticos, analgésicos, estimulantes, intensificadores do efeito da cocaína, fenacetina, aminopirina, lidocaína, cafeína, tetracaína, levamisol, hidroxitolueno butilado, Cetamina, orfenadrina, dipirona e outros.

### DETECÇÃO COMPOSTOS POUCO VOLÁTEIS EM AMOSTRAS DE DROGAS APREENDIDAS

2022 Contents lists available at ScienceDirect  
**Journal of Chromatography A**  
 journal homepage: [www.elsevier.com/locate/chroma](http://www.elsevier.com/locate/chroma)

Plastic antioxidants: A family of cocaine cutting agents analyzed by short column gas chromatography-mass spectrometry

Luciano Chaves Arantes<sup>a,b</sup>, Camilla Morandi da Silva<sup>a</sup>, Eloisa Dutra Caldas<sup>b,\*</sup>

<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2022.463170>

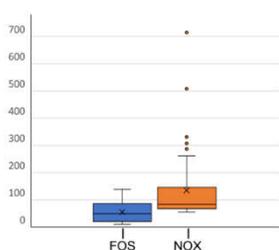


Fig. 6. Estimated concentrations (g/kg) of FOS and NOX detected in seized samples.

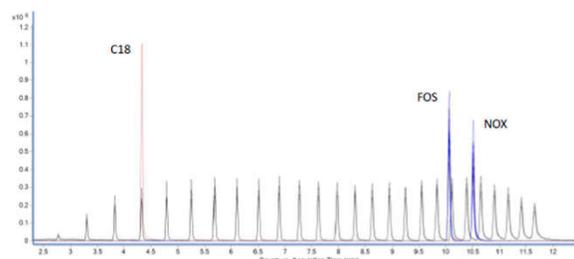


Fig. S3. Total ion chromatogram showing the linear retention index bins delimited by n-alkanes contained in the C7-C40 mix. C18 (n-octadecane) was used to facilitate the identification of the other n-alkanes present in the C7-C40 mix. C40 (n-tetracontane) eluted before 12 min.

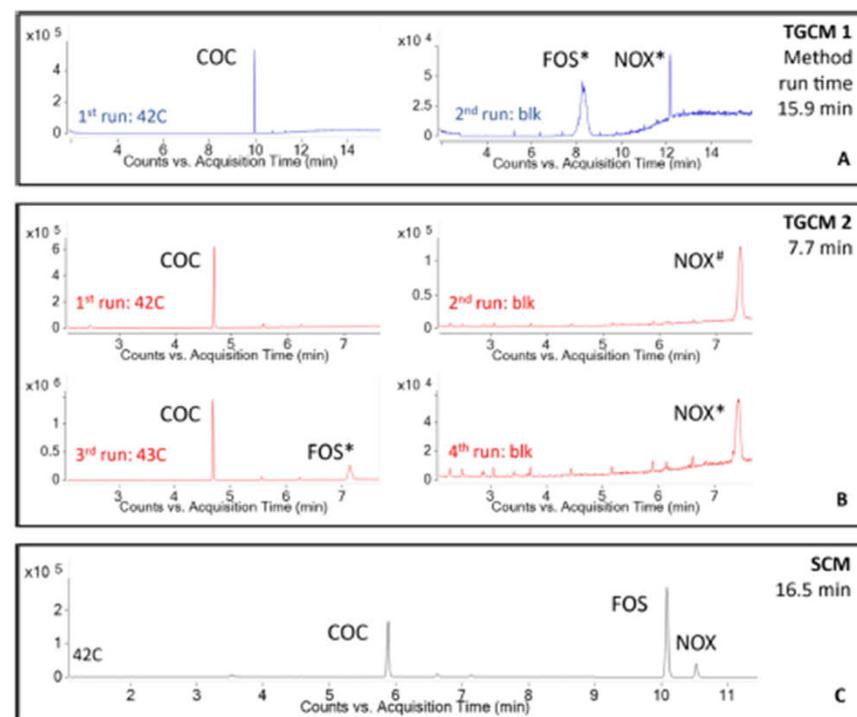


Fig. 2. Column carry-over of antioxidants 168 (FOS) and 1076 (NOX) in the 30 m long analytical column. With (A) traditional method 1 (TGCM 1) and (B) traditional method 2 (TGCM 2), FOS and NOX from seized sample 42C are retained for one to three subsequent runs. When analyzed by the 4 m short column method (SCM) (C), analytes were all detected in less than 11 min. Sample injection sequence: 39C, blank (blk), 42C, blk, 43C, blk. FOS and NOX from samples 39C (B) and 42C (\*) are presented in the total ion chromatograms.

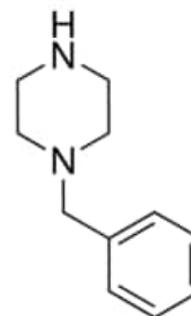
SENSORES ELETROQUÍMICOS PARA DETECÇÃO DE SUBSTÂNCIAS CONTROLADAS

Microchemical Journal 167 (2021) 106282

Contents lists available at ScienceDirect

Microchemical Journal

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/microc](http://www.elsevier.com/locate/microc)



Sensors & Actuators: B. Chemical 344 (2021) 130229

Contents lists available at ScienceDirect

Sensors and Actuators: B. Chemical

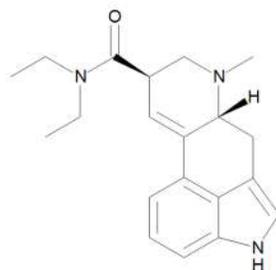
journal homepage: [www.elsevier.com/locate/snb](http://www.elsevier.com/locate/snb)



Simple and rapid electrochemical detection of 1-benzylpiperazine on carbon screen-printed electrode

Raquel G. Rocha<sup>a</sup>, Isabella C.O.F. Silva<sup>a</sup>, Luciano C. Arantes<sup>b</sup>, Jéssica S. Stefano<sup>a</sup>, Camila D. Lima<sup>c</sup>, Larissa M.A. Melo<sup>c</sup>, Rodrigo A.A. Munoz<sup>a</sup>, Wallans T.P. dos Santos<sup>d</sup>, Eduardo M. Richter<sup>a,1</sup>

<https://doi.org/10.1016/j.microc.2021.106282>



Rapid and simple voltammetric screening method for Lysergic Acid Diethylamide (LSD) detection in seized samples using a boron-doped diamond electrode

Dilton M. Pimentel<sup>a</sup>, Luciano C. Arantes<sup>b</sup>, Luan M. Santos<sup>a</sup>, Karla A.O. Souza<sup>c</sup>, Rodrigo M. Verly<sup>a</sup>, Sandro L. Barbosa<sup>c</sup>, Wallans T.P. dos Santos<sup>c,\*</sup>

<https://doi.org/10.1016/j.snb.2021.130229>

SENSORES ELETROQUÍMICOS PARA DETECÇÃO DE SUBSTÂNCIAS CONTROLADAS

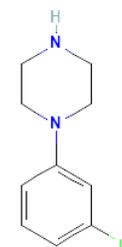
Talanta 233 (2021) 122597



Contents lists available at ScienceDirect

Talanta

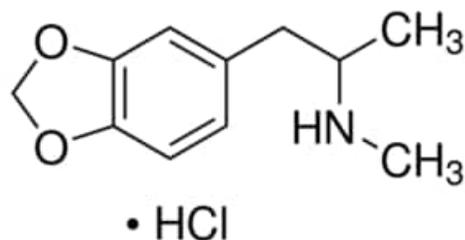
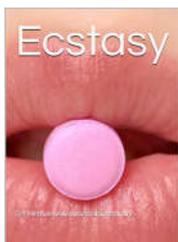
journal homepage: [www.elsevier.com/locate/talanta](http://www.elsevier.com/locate/talanta)



Development of a simple and rapid screening method for the detection of 1-(3-chlorophenyl)piperazine in forensic samples

Weberson P. Silva<sup>a</sup>, Raquel G. Rocha<sup>a</sup>, Luciano C. Arantes<sup>b</sup>, Camila D. Lima<sup>c</sup>, Larissa M. A. Melo<sup>c</sup>, Rodrigo A.A. Munoz<sup>a</sup>, Wallans T.P. dos Santos<sup>d,\*\*</sup>, Eduardo M. Richter<sup>a,\*</sup>

<https://doi.org/10.1016/j.talanta.2021.122597>



Electrochimica Acta 403 (2022) 139599



Contents lists available at ScienceDirect

Electrochimica Acta

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/electacta](http://www.elsevier.com/locate/electacta)



Fast on-site screening of 3,4-methylenedioxyethylamphetamine (MDEA) in forensic samples using carbon screen-printed electrode and square wave voltammetry

Augusto dos Santos Novais<sup>a,b</sup>, Luciano Chaves Arantes<sup>c</sup>, Eduardo Santos Almeida<sup>b</sup>, Raquel Gomes Rocha<sup>a</sup>, Camila Diana Lima<sup>d</sup>, Larissa Magalhães de Almeida Melo<sup>d</sup>, Eduardo Mathias Richter<sup>a</sup>, Rodrigo Alejandro Abarza Munoz<sup>a</sup>, Wallans Torres Pio dos Santos<sup>d</sup>, Rodrigo Amorim Bezerra da Silva<sup>a,\*</sup>

<https://doi.org/10.1016/j.electacta.2021.139599>



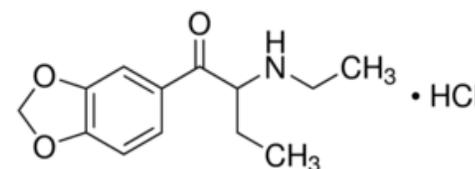
# SENSORES ELETROQUÍMICOS PARA DETECÇÃO DE SUBSTÂNCIAS CONTROLADAS

Electrochimica Acta 412 (2022) 140106

Contents lists available at ScienceDirect

Electrochimica Acta

journal homepage: [www.journals.elsevier.com/electrochimica-acta](http://www.journals.elsevier.com/electrochimica-acta)



Electrochimica Acta 429 (2022) 141002

Contents lists available at ScienceDirect

Electrochimica Acta

journal homepage: [www.journals.elsevier.com/electrochimica-acta](http://www.journals.elsevier.com/electrochimica-acta)



Cyclic square-wave voltammetric discrimination of the amphetamine-type stimulants **MDA and MDMA** in real-world forensic samples by 3D-printed carbon electrodes

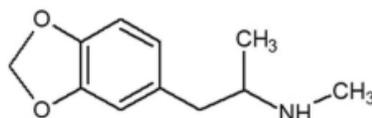
Lucas V. de Faria<sup>a</sup>, Raquel G. Rocha<sup>a</sup>, Luciano C. Arantes<sup>c</sup>, David L.O. Ramos<sup>a</sup>, Camila D. Lima<sup>d</sup>, Eduardo M. Richter<sup>a,e</sup>, Wallans T. P dos Santos<sup>b,d,\*</sup>, Rodrigo A.A. Muñoz<sup>a,e,\*</sup>

<https://doi.org/10.1016/j.electacta.2022.141002>

Electrochemical detection of **eutylone** using screen-printed electrodes: Rapid and simple screening method for application in forensic samples

Mariane O.B. Arrieiro<sup>a</sup>, Luciano C. Arantes<sup>b</sup>, Debora A.R. Moreira<sup>a</sup>, Dilton M. Pimentel<sup>a</sup>, Camila D. Lima<sup>a</sup>, Livia M.F. Costa<sup>c</sup>, Rodrigo M. Verly<sup>a</sup>, Wallans T.P. dos Santos<sup>d,\*</sup>

<https://doi.org/10.1016/j.electacta.2022.140106>



➤ **Análise de resíduos de disparo de arma de fogo (GSR) em atiradores e observadores (IC-PCMG)**

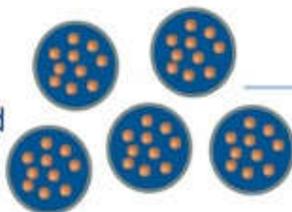


82 <b>Pb</b> lead	51 <b>Sb</b> antimony	56 <b>Ba</b> barium
-------------------------	-----------------------------	---------------------------

**ICP-MS x spICP-MS**

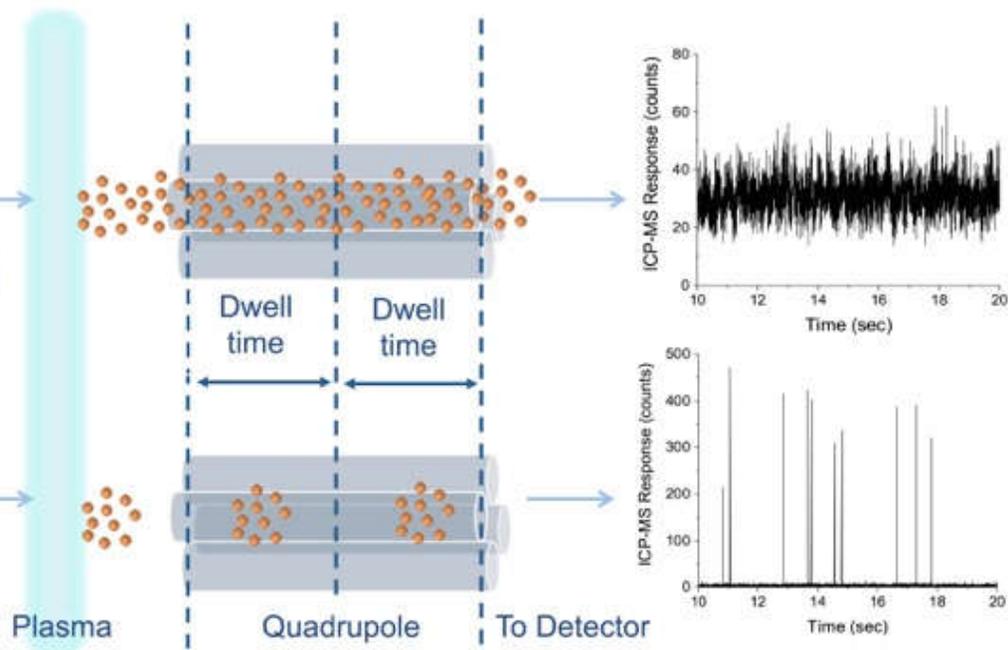
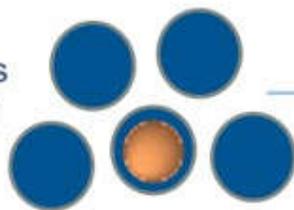
Conventional ICP-MS

Every droplet contains dissolved metal ions

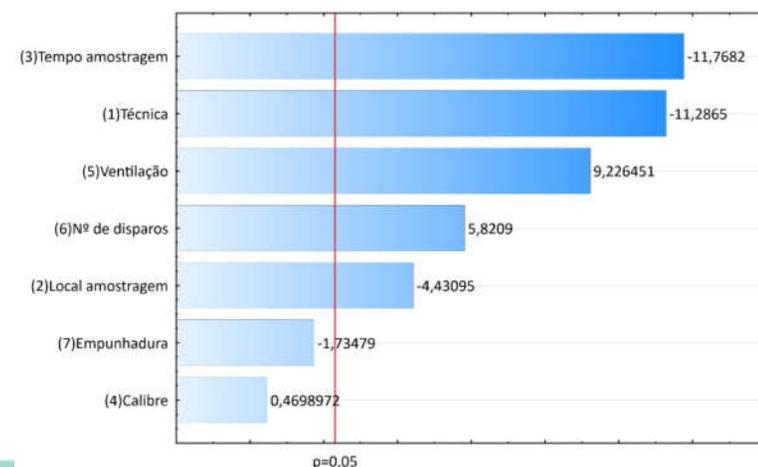


Single particle ICP-MS

Some droplets contain metal NPs



- **Análise de resíduos de disparo de arma de fogo (GSR) em atiradores e observadores (IC-PCMG)**
  - Partículas coloidais analisadas por ICP-MS no modo de partícula única (spICP-MS, *single particle Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*).
  - Atirador e observadores próximo (0,45 m) e distante (1,45 m) foram posicionados.
  - Observador foi posicionado em linha e atrás do atirador.
  - Coleta com 2 *swabs nas mãos* e nas narinas.



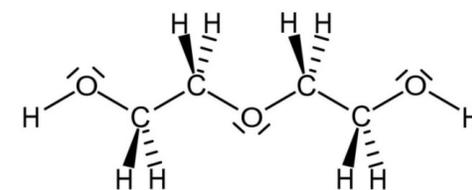


## NIRS portátil e modelos PLS-DA na detecção de dietilenoglicol em cervejas

ESTADO DE MINAS Gerais

### Caso Backer: Polícia Civil indícia 11 por lesão corporal, homicídio e contaminação de alimento

Polícia apresenta, nesta terça-feira, a conclusão do inquérito que investigou a intoxicação de 42 pessoas por dietilenoglicol após consumirem cervejas da empresa

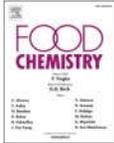


Food Chemistry 391 (2022) 133258

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

**Food Chemistry**

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/foodchem](https://www.elsevier.com/locate/foodchem)

Screening method for the rapid detection of diethylene glycol in beer based on chemometrics and portable near-infrared spectroscopy

A.C.C. Fulgêncio<sup>a</sup>, Glaucimar Alex Passos Resende<sup>a</sup>, Marden Claret Fontoura Teixeira<sup>a</sup>, Bruno Gonçalves Botelho<sup>a</sup>, Marcelo Martins Sena<sup>a,b,\*</sup>

<sup>a</sup> Chemistry Department, Universidade Federal de Minas Gerais, 31270-901 Belo Horizonte, MG, Brazil  
<sup>b</sup> Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Bioanálítica (INCT Bio), 13083-970 Campinas, SP, Brazil

### Trabalhos em andamento

- Desenvolvimento de sensores eletroquímicos descartáveis baseados em papel ou outro suporte de baixo custo associados a polímeros molecularmente impressos (MIP) para a detecção e possível quantificação de canabinoides sintéticos.
- Desenvolvimento de sensores do tipo língua eletrônica (*e-tongue*) para detecção e/ou quantificação de fraudes em bebidas.
- Desenvolvimento de modelos quimiométricos de fusão de dados atômico-moleculares (ICP-MS e NIRS) para a detecção de falsificação em uísques.

- Desenvolver métodos analíticos inovadores para análise de drogas ilícitas, resíduos de disparo de armas de fogo e bebidas adulteradas ou falsificadas, que ao mesmo tempo gerem publicações de artigos acadêmicos em revistas relevantes, propiciem a formação de mão de obra qualificada no nível de pós-graduação e possam ser utilizados na prática pela perícia criminal.
- Estar alinhado com a necessidade de POPs que favoreçam uma prova cientificamente robusta, podendo contribuir para o esclarecimento da dinâmica do crime em eventos envolvendo disparo de arma de fogo.
- Contribuir com a área de Segurança Pública por meio da implementação de métodos que atendam as demandas das Unidades de Perícia Criminal do Brasil.
- Fortalecer (UFMG) ou criar (UFPB e UFG) linhas de pesquisa em química analítica forense.
- Aprofundar a parceria entre unidades de perícia e grupos de pesquisa acadêmicos, consolidando um processo que vem ocorrendo nos últimos anos.

## SEMINÁRIO ACOMPANHAMENTO

Edital nº 16/2020 - PROCAD Segurança Pública e Ciências Forenses

# Obrigado(a)



UF *m* G

