

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA FACULDADE DE CEILÂNDIA CURSO DE  
FARMÁCIA**

**TALES MATEUS VIEIRA DA ROCHA**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DE AMOSTRAS DE COCAÍNA  
APREENDIDAS EM DIFERENTES LOCALIZAÇÕES NO DISTRITO FEDERAL**

**BRASÍLIA, 2021**

TALES MATEUS VIEIRA DA ROCHA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DE AMOSTRAS DE COCAÍNA  
APREENDIDAS EM DIFERENTES LOCALIZAÇÕES NO DISTRITO FEDERAL**

Monografia de Conclusão de Curso  
apresentada como parte dos requisito para  
obtenção do grau de Farmacêutico,  
Faculdade de Ceilândia, Universidade de  
Brasília.

Orientador: Ms. Ettore Ferrari Júnior

Co-Orientadora: Prof. Dra. Vivian da Silva Santos

BRASÍLIA

2021

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Rc Rocha, Tales Mateus Vieira  
CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DE AMOSTRAS DE COCAÍNA  
APREENDIDAS EM DIFERENTES LOCALIZAÇÕES NO DISTRITO FEDERAL /  
Tales Mateus Vieira Rocha; orientador Ettore Ferrari  
Júnior; co-orientador Vivian da Silva Santos. -- Brasília,  
2021.  
35 p.

Monografia (Graduação - Farmácia) -- Universidade de  
Brasília, 2021.

1. Cocaína. 2. Adulterantes. 3. GC-MS. 4. FT-IR;. 5.  
Validação. I. Júnior, Ettore Ferrari , orient. II. Santos,  
Vivian da Silva , co-orient. III. Título.

TALES MATEUS VIEIRA DA ROCHA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DE AMOSTRAS DE COCAÍNA  
APREENDIDAS EM DIFERENTES LOCALIZAÇÕES NO DISTRITO FEDERAL**

BANCA EXAMINADORA

---

**Orientador(a): Ms. Ettore Ferrari Júnior**

(Universidade de Brasília – Darcy Ribeiro)

---

**Co-Orientador(a): Dra. Vivian da Silva Santos**

(Universidade de Brasília – Faculdade de Ceilândia – UnB/FCE)

---

**Convidado: Dr. Livia de Barros Salum**

(Polícia Civil do Distrito Federal -PCDF)

---

**Prof(a). Dr. Anderson Gomes de Jesus**

(Universidade de Brasília – Faculdade de Ceilândia – UnB/FCE)

BRASÍLIA

2021

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução.....</b>	<b>10</b>
<b>2. Revisão Bibliográfica .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Cocaína .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2 Farmacocinética e farmacodinâmica .....</b>	<b>11</b>
<b>2.3 Extração.....</b>	<b>13</b>
<b>2.4 Adulteração de cocaína .....</b>	<b>15</b>
<b>2.5 Metodologias Analíticas .....</b>	<b>17</b>
<b>3. Justificativa.....</b>	<b>18</b>
<b>4. Objetivo.....</b>	<b>18</b>
<b>4.1 Objetivo geral.....</b>	<b>18</b>
<b>5. Referências bibliográficas .....</b>	<b>19</b>
<b>6. Normas do Periódico.....</b>	<b>23</b>
<b>7. Artigo.....</b>	<b>27</b>

## Resumo

A cocaína é uma substância estimulante do sistema nervoso central (SNC) extraída das folhas de *Erythroxylum coca*. A droga comercializada nas ruas normalmente apresenta altas concentrações de adulterantes/diluentes e o estudo deste perfil químico pode ser utilizado como ferramenta de informação para a inteligência forense. Neste trabalho, um método para quantificação de cocaína e sete adulterantes (aminopirina, benzocaína, cafeína, fenacetina, levamisol, lidocaína e procaína) foi validado utilizando cromatografia gasosa acoplado à espectrometria de massa (GC-MS), demonstrando exatidão e precisão dentro dos critérios de aceitação. Os valores de LOD e LOQ estabelecidos foram de 1 e 5 µg/mL, respectivamente, para todas os analitos avaliados. 127 amostras de cocaína em pó apreendidas no Distrito Federal (DF) - Brasil, de maio a dezembro de 2019, foram quantificadas pelo método em GC-MS e também avaliadas qualitativamente por infravermelho com Transformada de Fourier (FT-IR). A pureza da cocaína no Distrito Federal variou de 1,8 a 98,5 % apresentando uma média de 21,0 % e os principais adulterantes/diluentes presentes nas amostras analisadas foram fenacetina e levamisol (43,3 %), tetracaína (33,1 %) e cafeína (28,3 %). O método se mostrou de fácil execução e de simples implementação na rotina de um laboratório forense e os resultados obtidos colaboraram para um melhor entendimento sobre o comércio ilícito de cocaína em pó, no DF.

**Palavras-Chave:** cocaína; GC-MS; ATR-FTIR; validação.

## **Abstract**

Cocaine is one of the most consumed drugs in the world. The drug sold on the streets usually has high concentrations of cutting agents and the study of this chemical profile can be used as an information tool for forensic intelligence. In this work, a quantitative method for cocaine and seven adulterants (aminopyrine, benzocaine, caffeine, phenacetin, levamisole, lidocaine and procaine) was validated using gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS), demonstrating acceptable accuracy and precision. The established LOD and LOQ values were 1 and 5  $\mu\text{g/mL}$ , respectively, for all analytes evaluated. 127 samples of powdered cocaine seized in the Federal District (DF) - Brazil, from May to December 2019, were quantified by the GC-MS method and also qualitatively evaluated by infrared with Fourier Transform (FT-IR). Cocaine purity in the Federal District ranged from 1.8 to 98.5%, average of 21.0%, and the main cutting agents detected in the seized samples were phenacetin and levamisole (43.3%), tetracaine (33, 1%) and caffeine (28.3%). The method proved to be easy and simple to implement in a forensic laboratory routine and the results obtained have contributed to a better understanding of the illicit cocaine trade in the Federal District

**Keywords:** cocaine; GC-MS; ATR-FTIR; validation.

## LISTA DE ABREVIATURAS

ACN: acetonitrila

FT-IR: infravermelho com transformada de Fourier

GC/FID: cromatografia gasosa com detector de ionização por chama

GC-MS: cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas

HPLC-MS: cromatografia líquida de alta eficiência acoplada à espectrometria de massas.

HPLC-UV: cromatografia líquida de alta eficiência acoplada ao detector ultravioleta.

INMETRO: Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

IUPAC: União Internacional de Química Pura e Aplicada

LOD: limite de detecção

LOQ: limite de quantificação

LQFF: Laboratório de Química e Física Forense

OEA: Organização dos Estados Americanos

PCDF: Polícia Civil do Distrito Federal

PI: padrão interno

SE: solução estoque

SNC: sistema nervoso central

ST: solução trabalho

TR: tempo de retenção

UNODC: Organização das Nações Unidas para Drogas e Crime.



## LISTA DE FIGURAS E QUADROS

**Figura 1:** Formula estrutural da cocaína.

**Figura 2:** Metabólitos da cocaína.

**Figura 3:** Fluxograma para extração da cocaína. Adaptação do método descrito pela UNODC, 2012.

**Figura 4:** Estrutura molecular dos principais adulterantes encontrados em amostras de cocaína no Brasil.

**Quadro 1:** Justificativa para o uso dos adulterantes em amostras de cocaína.

## 1. Introdução

De acordo com a Organização dos Estados Americanos (OEA, 2013), estima-se que o mercado global de cocaína movimentou 85 bilhões de dólares anuais. A América do Sul representa a maior fonte de fornecimento dessa droga para o mundo, além de apresentar, nos últimos anos, um acréscimo no seu consumo (UNODC, 2014). Estima-se que a prevalência de uso de cocaína no Brasil seja de 1,64% na população entre 16 e 64 anos. Em razão da sua população numerosa e da sua geografia, o Brasil é um país vulnerável não só ao consumo, mas também ao tráfico da droga (UNODC, 2014).

A cocaína é um alcaloide estimulante do sistema nervoso central (SNC) extraída das folhas de *Erythroxylum coca*. É um poderoso anestésico local, embora seus efeitos estimulantes sejam curtos. A intoxicação pode desencadear quadros de paranoia, crises convulsivas, isquemia cerebral e cardíaca. Prejudica a integridade das funções cognitivas, provoca exaustão crônica e altera as funções de lobos frontais causando uma crise depressiva no usuário (ARAÚJO et al, 2017).

Nas diversas etapas da cadeia do tráfico de cocaína, desde a produção até a sua distribuição final nas ruas, excipientes (adulterantes e diluentes) são adicionados de maneira a aumentar os lucros de sua venda. Lidocaína, benzocaína, cafeína, fenacetina e levamisol estão entre os excipientes comumente citados em pesquisas reportadas na literatura. A grande diversidade de substâncias adulterantes e diluentes presentes na cocaína, além da variação das concentrações relativas, contribui para dificultar a predição dos efeitos e das reações adversas associadas ao seu uso (CLAIRE et al, 2010; VROEGOP et al, 2009; LEE et al, 2012). Exemplo disso são os valores reportados para pureza da cocaína em amostras apreendidas na América Latina que pode variar de 1 e 100% de acordo com a Inter-american Drug Abuse Control Commission (2013).

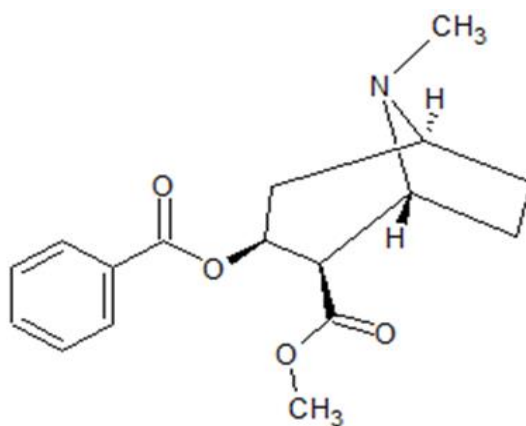
Processar informações sobre a pureza, e sobre a presença e a frequência de adulterantes/diluentes, além de ser uma ferramenta para obter um melhor conhecimento do mercado global de drogas ilícitas, é algo que contribui na implementação da política de repressão a drogas de modo eficiente (BROSÉUS et al., 2015). Trabalhos já disponíveis na literatura demonstraram que a composição das amostras de cocaína comercializadas em determinada região é bastante variável. Diante desse contexto, ter a informação sobre o perfil do que circula no mercado de ilícitos, gera a possibilidade de traçar a rota de preparo e distribuição da droga. Com um reflexo na investigação e no entendimento do perfil de tráfico de uma determinada região (CI et al., 2018). Do ponto de vista da Ciência Forense e da Inteligência Pericial essa é uma informação valiosa.

## 2. Revisão Bibliográfica

## 2.1 Cocaína

A cocaína, substância que tem como principais metabolitos a benzoilecgonina e o éster de metilecgonina, é uma substância psicoestimulante que apresenta atividade excitatória no SNC (SOUZA et al., 2016). Trata-se de um alcaloide extraído a partir das folhas da *Erythroxylum*, gênero de planta que possui aproximadamente 230 espécies/variedades e que geralmente cresce na América do Sul. Apesar do número elevado de espécies e variedades, apenas quatro possuem teores significativos de cocaína, sendo elas: *Erythroxylum coca var. coca*, *Erythroxylum coca var. ipadu*, *Erythroxylum novogranatense var. novogranatense* e *Erythroxylum novogranatense var. truxillense* (CHASIN e SILVA, 2014; DA SILVA, 2016).

Segundo a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), a cocaína é um 1R-(exo, exo)-3-(benzoiloxi)-8-metil-8-éster metílico do ácido azabicyclo octano-2-carboxílico. Sua fórmula molecular é  $C_{17}H_{21}NO_4$ , e sua massa molar é  $303,4 \text{ g mol}^{-1}$ , o intervalo do ponto de fusão é de  $96 \text{ a } 98 \text{ }^\circ \text{C}$  e o seu  $pK_b = 5,4$  (SOUZA et al, 2016). A estrutura da cocaína apresentada na Figura 1 inclui um grupamento metil carbonila relacionado pela ação tóxica da substância, um grupamento benzoil carbonila relacionado pela ação anestésica e a estrutura da ecgonina que possui um núcleo tropano, tendo ação inibitória da acetilcolina, sendo este o metabólito que se incorpora na corrente sanguínea após o consumo podendo permanecer por até 72 horas (GROBERIO, 2012).



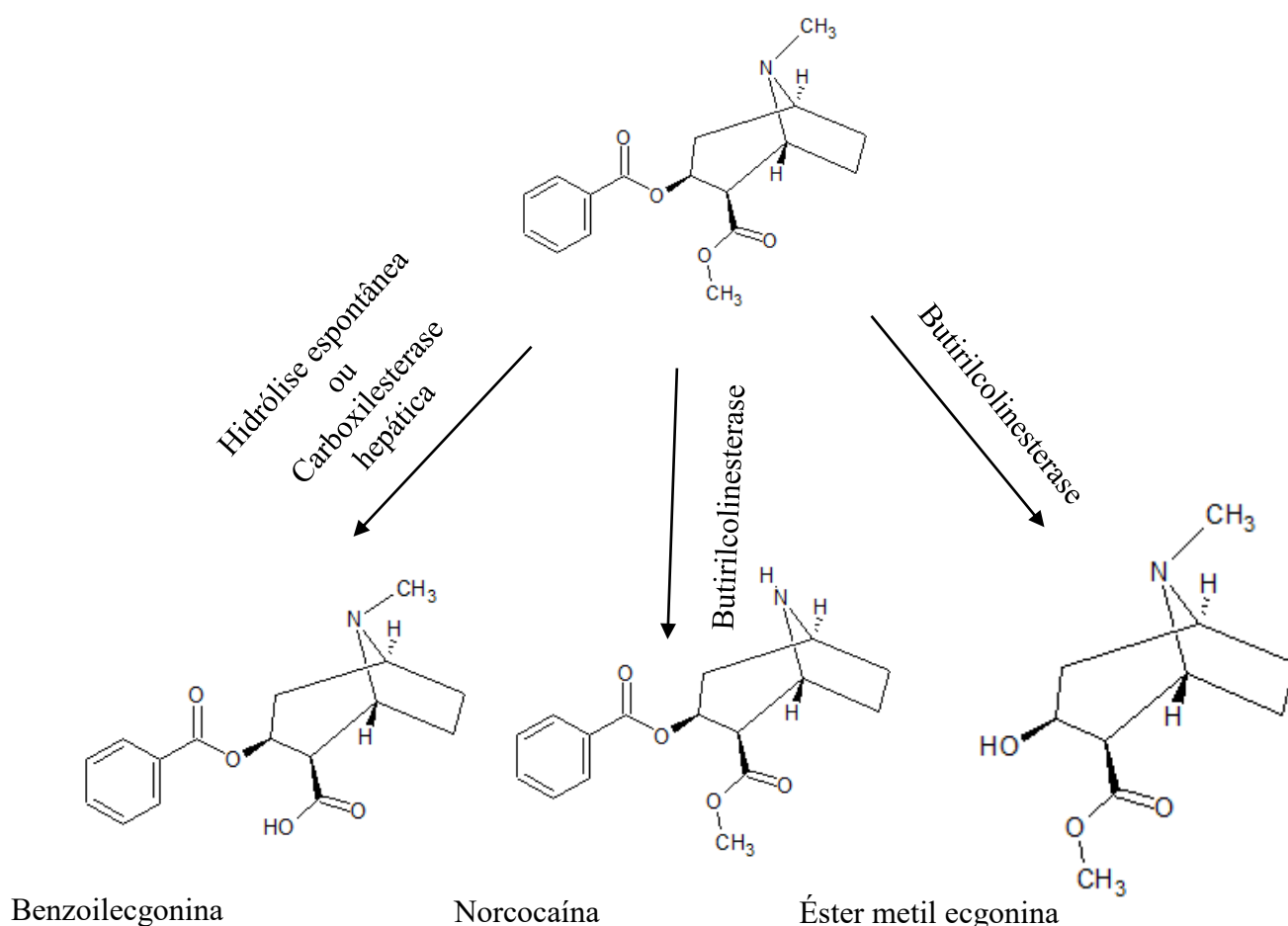
**Figura 1:** Fórmula estrutural da cocaína, obtida utilizando-se o software ACDLabs-ChemSketch da Advanced Chemistry Development, Inc. (Fonte: Autor).

## 2.2 Farmacocinética e farmacodinâmica

Há formas distintas para o consumo da cocaína, porém duas ganham destaque, sendo elas: o cloridrato de cocaína (um sal na forma de pó) facilmente solúvel em água ( $H_2O$ ) e a base livre, vulgarmente conhecida como “crack”, pouco solúvel em água (KUDLACEK et al., 2017). O usuário normalmente faz o consumo do cloridrato de cocaína por meio da aspiração do pó ou por

via intravenosa. Já o crack (nome de rua, que decorre do ruído de crepitação emergindo durante a queima da mistura durante o processo de fumar) é frequentemente encontrado como pedaços de pedras, sendo normalmente fumado, uma vez que vaporiza a cerca de 98 °C (SANT'ANA et al., 2019).

Devido sua característica lipofílica, a cocaína é absorvida rapidamente pelo organismo, e então convertida em benzoilecgonina, éster de metilecgonina e norcocaína (estruturas que são apresentadas na Figura 2) pela ação das colinesterases hepáticas e plasmáticas (BRAVO-GÓMEZ et al., 2019; EGRED e DAVIS, 2005). O uso da cocaína em conjunto com o álcool gera um metabólito conhecido como cocaetileno, extremamente tóxico. Pessoas com problemas hepáticos, mulheres grávidas e o feto possuem baixa atividade de colinesterase e então possuem um risco aumentado quanto ao uso da cocaína (EGRED e DAVIS, 2005).



**Figura 2:** Metabólitos da cocaína, obtida utilizando-se o software ACDLabs-ChemSketch da Advanced Chemistry Development, Inc. (Fonte: Autor).

A cocaína tem fácil absorção nas suas diferentes formas de administração e possui meia-vida relativamente curta, variando de 60 a 90 minutos, dependendo da via de administração. Quando utilizado na forma de cloridrato pela via intranasal os efeitos surgem por volta de 1-5 minutos após o consumo, enquanto que pela via intravenosa, esse tempo decaí para 10 a 60 segundos. Quando utilizada na forma de crack pela via inalatória os efeitos surgem mais rapidamente, entre 3-5 segundos (EGRED e DAVIS, 2005).

É uma droga de abuso com efeito euforizante, em decorrência da sua ação no sistema nervoso central SNC, através de um bloqueio da recepção de monoaminas, principalmente a dopamina e a noradrenalina, na fenda sináptica (SAMHSA, 1994). De acordo com a via de administração e o tempo de consumo, o usuário pode sentir: intensa sensação de prazer, euforia seguida de uma intensa depressão, diminuição da necessidade de sono, aumento das sensações sexuais, perda do apetite, estado de hiperatividade com taquicardia, aumento do ritmo respiratório, febre, hipertensão arterial, tremor nas mãos, além de outros efeitos (SMART, 1991). A cocaína também é um potente anestésico local (KUDLACEK et al., 2017).

### **2.3 Extração**

O produto final para o consumo da cocaína, pode ser feito de várias maneiras, seguindo as três principais etapas: extração da pasta base a partir das folhas de coca, purificação da pasta base e por fim se tem a obtenção do cloridrato de cocaína (CASALE e WAGGONER, 1991).

A primeira etapa envolve uma extração de caráter básico, a partir das folhas da coca. As plantas são embebidas em uma mistura de água e cal (óxido de cálcio). Posteriormente adicionam-se hidrocarbonetos na mistura alcalina, sendo um dos mais utilizados o querosene, pois ele consegue extrair a cocaína das folhas, outros alcaloides e o material ceroso. Para a remoção do material ceroso, a mistura obtida é submetida a um choque térmico, para solidificar o mesmo e assim facilitar a sua eliminação. Então, as folhas da coca e o material ceroso são retirados da mistura, deixando apenas o querosene (UNODC, 2012).

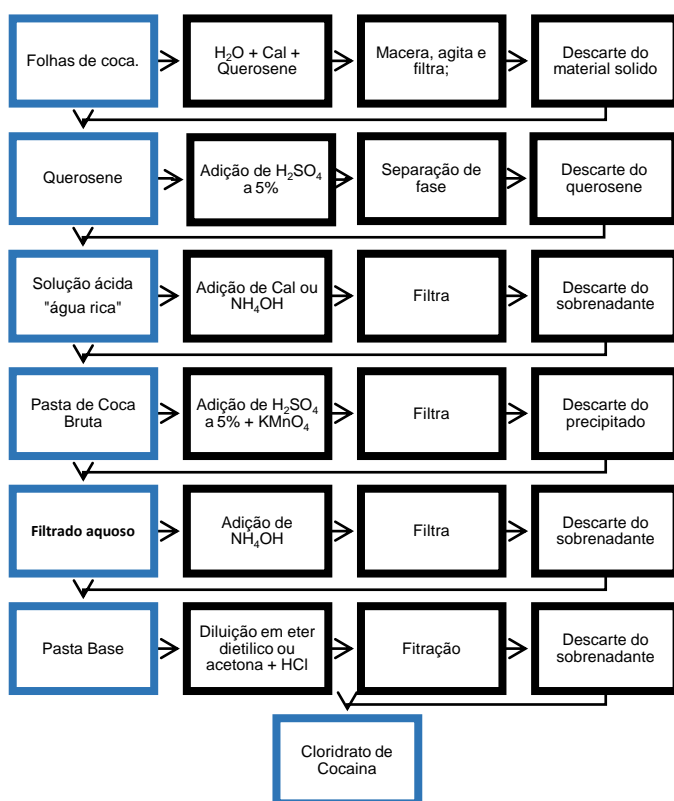
Ao querosene, é adicionada uma solução aquosa de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), pois o ácido converte a cocaína base-livre para sulfato de cocaína (forma de sal). Este processo extrai os alcaloides para a camada aquosa, possibilitando assim a eliminação do querosene. A fase aquosa é basificada com cal (óxido de cálcio) ou hidróxido de amônio ( $NH_4OH$ ), para que a cocaína volte a sua forma de base-livre e precipite os alcaloides mais básicos e sais inorgânicos. Esta fase é vulgarmente denominada como “água rica”. O produto é, em seguida, filtrado e seco formando a

pasta de coca, pó esbranquiçado, cremoso ou bege, com odor característico, sendo geralmente úmido, a não ser em casos raros em que seus agregados são cristalinos (UNODC, 2012).

Outra técnica utilizada para a extração do princípio ativo da coca é pela extração ácida, onde as folhas da planta são mergulhadas diretamente em uma solução de  $H_2SO_4$  convertendo a base livre de cocaína em sulfato de cocaína (um sal). A mistura é filtrada e na fase aquosa é adicionada uma fração de cal, gerando um precipitado de pasta bruta de coca. Este precipitado, é misturada a uma solução de querosene e o mesmo processo descrito na extração anterior, se repete (UNODC, 2012).

O segundo passo no processo de produção de cocaína é a purificação da pasta bruta em pasta base de cocaína. Uma solução de  $H_2SO_4$  é adicionada à pasta de coca bruta, deixando a solução com uma tonalidade amarelo-acastanhado. Aos poucos, é adicionado permanganato de potássio ( $KMnO_4$ ) e a mistura vai mudando de cor, ficando esbranquiçada, devido a oxidação dos isômeros cinamoilcocaína presentes na pasta de cocaína. O produto é filtrado e alcalinizado com  $NH_4OH$ , ocorrendo a precipitação da pasta base de cocaína e outros alcaloides. A pasta base de cocaína é filtrada, lavada com água, e seca (CASALE e WAGGONER, 1991).

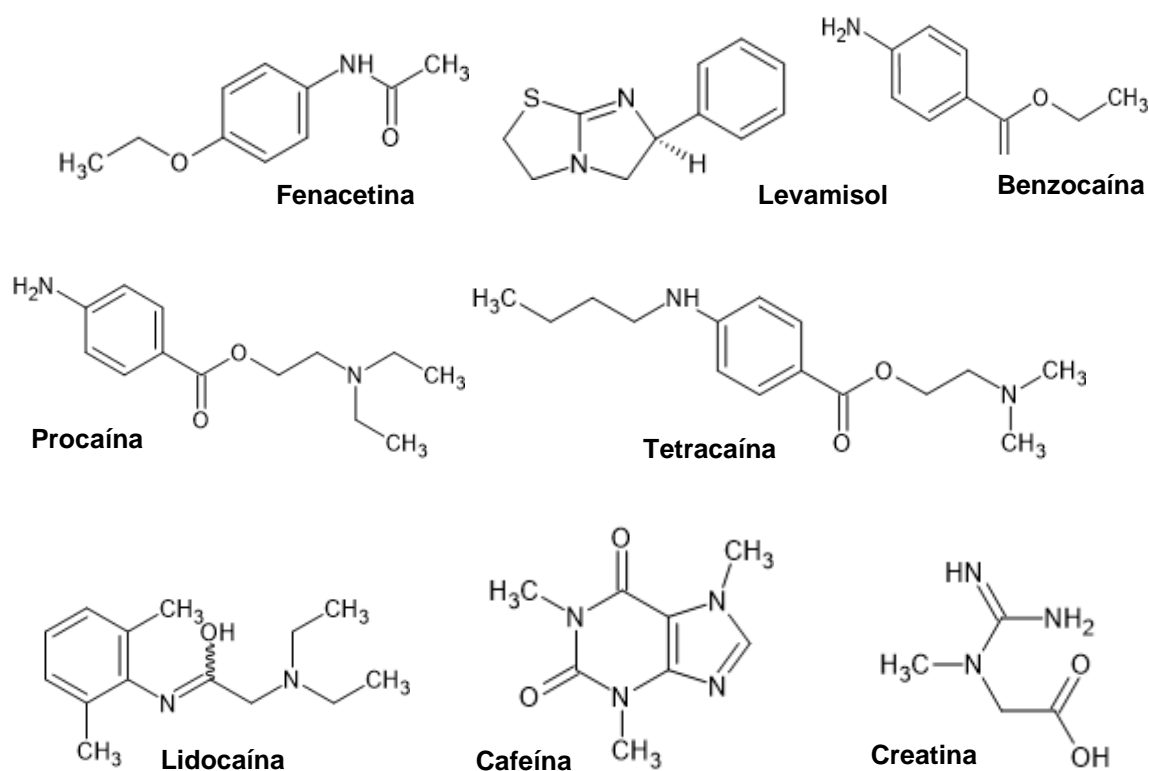
Para chegar na etapa final do processo de preparo, se tem a conversão da coca base na forma sal (cloridrato). Nesta etapa, a coca base é diluída em éter dietílico e filtrada. Ao produto filtrado é adicionado ácido clorídrico em acetona, resultando um precipitado de cloridrato de cocaína. Por fim, o sal é filtrado e seco, apresentando-se em forma de pó branco (UNODC, 2012).



**Figura 3** – Fluxograma para extração da cocaína. Adaptação do método descrito pela UNODC, 2012.

## 2.4 Adulteração de cocaína

Nos últimos anos, a pureza da cocaína comercial vem diminuindo. Vários aditivos químicos são misturados a cocaína com a finalidade de adulterar e/ou diluir. Entre esses aditivos, estão substâncias psicoativas, anestésicos locais, anfetaminas, catinonas sintéticas, analgésicos, medicamentos com efeito anti-helmíntico, dentre outros (SOUZA et al., 2016; KUDLACEK et al., 2017). De acordo com a literatura, os adulterantes/diluentes mais recorrentes são: fenacetina, levamisol, benzocaina, procaína, tetracaína, lidocaína, cafeína e creatina (MALDANER et al., 2015; SOUZA et al., 2015; KUDLACEK et al., 2017; LAPACHINSKE et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2009).



**Figura 4:** Estrutura molecular dos principais adulterantes encontrados em amostras de cocaína no Brasil, obtida utilizando-se o software ACDLabs-ChemSketch da Advanced Chemistry Development, Inc. (Fonte: Autor).

Tendo em vista do exposto, observa-se que na atualidade, tem-se um fácil acesso a essas substâncias, além da grande variedade de produtos que podem facilitar o uso ilegal na extração,

refino, diluição e adulteração (por exemplo, adição de produtos farmacêuticos) do produto que atinge o território nacional (MALDANER et al., 2015).

**Quadro 1** – Justificativa para o uso dos adulterantes em amostras de cocaína.

<b>Fenacetina</b>	Apresenta características físicas semelhantes a da cocaína. O seu uso pode estar relacionado com a analgesia gerada após o seu consumo.
<b>Levamisol</b>	Estudos indicam que o levamisol tem efeito sinérgico com a cocaína, podendo, intensificar e prolongar os seus efeitos, aumentando o seu efeito.
<b>Benzocaína</b>	Proporciona a impressão de efeito potencializado ou parecido à cocaína, devido as suas propriedades anestésicas.
<b>Procaína</b>	Trata-se de um anestésico local, dando a impressão ao usuário que o produto seja de qualidade.
<b>Tetracaína</b>	Utilizado para prolongar os efeitos da cocaína e também apresenta propriedades anestésicas.
<b>Lidocaína</b>	É adicionada pelo fato de causar ao usuário efeito similar ao da cocaína, faz com que o produto seja aparentemente de alta qualidade, devido ao fato de possuir propriedades anestésicas.
<b>Cafeína</b>	É adicionada, devido ao seu efeito estimulante, possibilitando um efeito semelhante à da droga (em menor intensidade).
<b>Creatina</b>	Adicionada para dar volume a substância. Além de ter aspecto semelhante à da cocaína e ser uma substância legal e fácil de se obter.

**Fonte:** Adaptado de (BROSÉUS, GENTILE e ESSEIVA, 2016; ANDREASEN, LINDHOLST e KAA, 2009; EVRARD; LEGLEYE e CADET-TAÏROU, 2010).

Geralmente, os adulterantes são classificados como substâncias farmacológicas, cujo o objetivo seja o de potencializar os efeitos psicotrópicos da cocaína ou de reduzir reações adversas após o seu consumo. Já os diluentes, são descritos na literatura como substâncias inativas capazes de aumentar o volume da cocaína comercializada, como por exemplo: os açúcares e os compostos inorgânicos (LAPACHINSKE et al., 2014). A adulteração e a diluição geralmente é explicada pela vontade do vendedor em aumentar a massa e o volume da droga, e conseqüentemente maximizar os lucros do seu comércio ilegal. pela adição de qualquer substância que pareça ou que tenha efeito farmacológico/psicoativo, sem que o comprador note essa adição (BROSÉUS, GENTILE e ESSEIVA, 2016).



O perfil de consumo de cocaína é dinâmico, devido a variações temporais e geográficas que dificultam traçar o perfil químico desta substância psicoativa, além de tornar os danos à saúde do usuário imprevisíveis. Gerando assim, um problema criminal com reflexo na saúde pública (CHANG et al., 2010).

## 2.5 Metodologias Analíticas

O monitoramento dos constituintes da cocaína é uma ferramenta importante para o controle do narcotráfico, pois possibilita traçar e mapear o perfil da substância, além de ser um fator importante para a saúde pública, pois muitas substâncias adicionadas a cocaína podem ser prejudiciais ao usuário (SANT'ANA et al., 2019). Por essa razão, é importante desenvolver e utilizar métodos analíticos para a determinação simultânea de cocaína e seus principais adulterantes (FLORIANI et al., 2014).

As metodologias analíticas mais utilizadas para a identificação do perfil químico correspondem às de cromatografia gasosa acoplada a detectores como espectrometria de massas (GC-MS) (SOUZA et al., 2016; MALDANER et al., 2015), o de ionização por chamas (GC/FID) (MALDANER et al., 2015), a cromatografia líquida de alta eficiência acoplada ao detector ultravioleta (HPLC-UV) (FLORIANI et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2009), ou a espectrometria de massas (HPLC-MS) (FREITAS, DA SILVA e BARBOSA, 2017), além da espectroscopia de infravermelho com reflectância total atenuada (FT-IR) (FREITAS, DA SILVA e BARBOSA, 2017).

Devido a sua boa acuracidade, robustez, sensibilidade e especificidade a cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massas GC-MS tem sido amplamente reportada na literatura como técnica de primeira escolha para a análise de pureza da cocaína (OLIVEIRA et al., 2009). Nesta análise, um solvente adequado deve ser escolhido para permitir a extração dos adulterantes e dos diluentes (BROSÉUS, GENTILE e ESSEIVA, 2016). Deste modo, a amostra é introduzida e vaporizada no injetor do equipamento e, percorre uma coluna contendo uma fase estacionária (ex: sílica revestida) sob um fluxo constante de um gás de arraste inerte (ex: hélio). Ao longo da migração da amostras pela coluna, os constituintes da substância de análise vão sendo separados e encaminhados ao espectrômetro de massas (MOREAU e SIQUEIRA, 2016).

Quando a amostra chega no espectrômetro de massas, ela é ionizada e fragmentada na fonte de ionização, por um impacto de elétrons, e os íons gerados são conduzidos para um filtro de massas, que é responsável por focalizar uma fração destes íons com uma razão massa/carga ( $m/z$ ) pré-definida pelo analista. Os íons de  $m/z$  selecionados são direcionados para um detector que amplificará o sinal, gerando o espectro de massas da substância e, que por meio de um software,

poderá ser visualizado e interpretado na tela do computador, revelando assim os compostos orgânicos presentes na amostra pesquisada (MOREAU e SIQUEIRA, 2016).

A espectrofotometria na faixa do infravermelho é uma ferramenta analítica, capaz de identificar compostos orgânicos e inorgânicos puros ou misturas conhecidas, que contenham ligações químicas entre átomos que sofrem deformações rotacionais e vibracionais, as quais o equipamento absorve a energia emitida em determinada frequência de ressonância, de acordo com as características químicas dos átomos envolvidos (SKOOG et al., 2010).

A Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FT-IR) é uma técnica comumente utilizada, por ser rápida e não depender de um preparo de amostra complexo. Muitas substâncias podem ser caracterizadas, identificadas e até mesmo, quantificadas através desta metodologia. Um dos pontos fortes da técnica é a capacidade analítica de obter espectros a partir de amostras sólidas, líquidas ou gasosas (SHAI, 2012).

### **3. Justificativa**

Considerando o grande número de apreensões de cocaína no Brasil, estabelecer estratégias que contribuam para a diminuição do narcotráfico se torna um grande desafio. Do ponto de vista da ciência forense e da inteligência pericial, a identificação de semelhanças e diferenças entre as características (químicas e físicas) encontradas em amostras de cocaína podem fornecer informações, sobre o tipo de preparo, rotas de tráfico, vinculação entre diferentes apreensões, sendo uma importante informação laboratorial para as atividades operacionais da polícia.

## **4. Objetivo**

### **4.1 Objetivo geral**

Caracterizar amostras contendo cocaína (pó) apreendidas no Distrito Federal.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Avaliar as amostras fisicamente (p. ex., aspecto geral).
- Avaliar as amostras quimicamente (principais adulterantes e diluentes);
- Relacionar as diferenças encontradas com as localizações geográficas dessas apreensões, de acordo com as suas ocorrências; visando identificar rotas de tráfico e distribuição e relações entre amostras apreendidas, de modo a subsidiar a proposição de novas políticas em segurança pública para a redução do tráfico.

## 5. Referências bibliográficas

ANDREASEN, M. F.; LINDHOLST, C.; KAA, E. Adulterants and Diluents in Heroin, Amphetamine, and Cocaine Found on the Illicit Drug Market in Aarhus, Denmark. **The Open Forensic Science Journal**, v. 2, n. 1, p. 16–20, 2009.

ARAÚJO, B. M. F. et al. O uso e abuso da cocaína: efeitos neurofisiológicos. **Ciências Biológicas e de Saúde Unit**, Alagoas, v. 4, n. 2, p. 359-370, 2017.

BRAVO-GÓMEZ, M. E. et al. Revisiting a physiologically based pharmacokinetic model for cocaine with a forensic scope. **Toxicology Research**, v. 8, n. 3, p. 432–446, 2019.

BROSÉUS, J.; GENTILE, N.; ESSEIVA, P. The cutting of cocaine and heroin: A critical review. **Forensic Science International**, v. 262, p. 73–83, 2016.

BROSÉUS, J. et al. Qualitative, quantitative and temporal study of cutting agents for cocaine and heroin over 9 years. **Forensic Science International**, v. 257, p. 307–313, 2015.

CASALE, J. F.; WAGGONER, R. W. A Chromatographic Impurity Signature Profile Analysis for Cocaine Using Capillary Gas Chromatography. **Journal of Forensic Sciences**, v. 36, n. 5, 1991.

CHANG, A; OSTERLOH, J; THOMAS, J. Levamisole: A Dangerous New Cocaine Adulterant. **Clinical Pharmacology & Therapeutics**, v. 88, n. 3, p.408-411, 28 jul. 2010.

CHASIN, A.A.M.; SILVA, E.S. Estimulantes do Sistema Nervoso Central. In: OGA, S. **Fundamentos de Toxicologia**. 4. Ed. São Paulo: Atheneu Editora, 2014. Cap. 4.3, p.365-383.

EGRED, M.; DAVIS, G. K. Cocaine and the heart. **Postgraduate Medical Journal**, v. 81, n. 959, p. 568–571, 2005.

EVARD, I.; LEGLEYE, S.; CADET-TAÏROU, A. Composition, purity and perceived quality of street cocaine in France. **International Journal of Drug Policy**, v. 21, n. 5, p. 399–406, 2010.

FERREIRA N.G.; et al. Investigação de adulterantes em amostras de cocaína apreendidas na região de Araçatuba no período de 2014 a 2015. **Revista Brasileira de Criminalística**, v. 8, p. 54-61, 2019.

FLORIANI, G. et al. Development and validation of an HPLC-DAD method for simultaneous determination of cocaine, benzoic acid, benzoylecgonine and the main adulterants found in products based on cocaine. **Forensic Science International**, v. 235, p. 32–39, 2014.

FREITAS, I. DA S.; DA SILVA, C. DE N. M.; BARBOSA, A. DE P. Abordagens metodológicas que auxiliam na identificação química da cocaína apreendida no Brasil. **Revista Brasileira de Criminalística**, v. 6, n. 3, p. 23–29, 2017.

GROBÉRIO, T. S. Desenvolvimento de uma metodologia para comparação de amostras de sal de cocaína pela determinação de solventes residuais e análise quimiométrica. **Dissertação de Mestrado**, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

JONES C.C.L.; et al. **Cut: a guide to adulterants, bulking agents and other contaminants found in illegal drugs**. 2010. Disponível em:< <http://www.thehealthwell.info/node/69006>>. Acesso em: 20 de out de 2020.

KUDLACEK, O. et al. Cocaine adulteration. **Journal of Chemical Neuroanatomy**, v. 83–84, p. 75–81, 2017.

LAPACHINSKE, S. F. et al. Analysis of cocaine and its adulterants in drugs for international trafficking seized by the Brazilian Federal Police. **Forensic Science International**, v. 247, p. 48–53, 2014.

**LEE KC, LADIZINSKI B, FEDERMAN DG. Complications associated with use of levamisole-contaminated cocaine: an emerging public health challenge. Mayo Clinic Proceedings, v. 87, p. 581-596, 2012.**

MALDANER, A. O. et al. Brazilian federal district cocaine chemical profiling - Mass balance approach and new adulterant routinely quantified (Aminopyrine). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 26, n. 6, p. 1227–1231, 2015.

MOREAU, R.L.M.; SIQUEIRA, M.E.P.B. **Toxicologia Analítica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara - Koogan, 2016. (Ciências Farmacêuticas).

OEA. Organização dos Estados Americanos. The Drug Problem in the Americas: Studies. The Economics of Drug Trafficking. Disponível em: <[http://www.cicad.oas.org/drogas/elinforme/informeDrogas2013/laEconomicaNarcotrafico\\_ENG.pdf](http://www.cicad.oas.org/drogas/elinforme/informeDrogas2013/laEconomicaNarcotrafico_ENG.pdf)>. Acesso em: 20 de out de 2020.

OLIVEIRA, M. F. et al. Análise do teor de cocaína em amostras apreendidas pela polícia utilizando-se a técnica de cromatografia líquida de alta eficiência com detector UV-Vis. **Eclética Química**, v. 34, n. 3, p. 77–83, 2009.

SAMHSA/CSAT, 1994. Assessment and Treatment Planning for Cocaine-Abusing Methadone-Maintained Patients. Treatment Improvement Protocol (TIP). Disponível em <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22514817>> Acesso em: 20 nov 2020.

SANT'ANA, L. D. et al. Evaluation of cocaine samples seized in the streets of the state of rio de janeiro, Brazil. **Química Nova**, v. 42, n. 4, p. 379–386, 2019.

SHAI, Y. ATR-FTIR studies in pore forming and membrane induced fusion peptides. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.4c, p. 1-8. 2010.

SILVA, D.R., Desenvolvimento e Validação de Metodologia Analítica para Identificação e Quantificação de Alcaloides Minoritários em Amostras de Cocaína por Cromatografia Gasosa com Detector de Ionização de Chama (CG-DIC), Brasília, 2016, 103p. **Dissertação de Mestrado** - Universidade de Brasília.

SMART, R. G. Crack cocaine use: A review of prevalence and adverse effects. **American Journal of Drug and Alcohol Abuse**, v. 17, n. 1, p. 13–26, 1991.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. **Fundamentos de química analítica**.8.ed. São Paulo – SP: Cengage Learning, cap. 24 e 26. 2010.

SOUZA, L. M. et al. A survey of adulterants used to cut cocaine in samples seized in the Espírito Santo State by GC–MS allied to chemometric tools. **Science and Justice** 56 (2016) 73–79.

UNODC. United Nations Office on Drugs and Crime. **World Drug Report 2014**. Disponível em: <<https://data.unodc.org/> .Acesso em: 20 de out - 2020.

UNODC. United Nations Office on Drugs and Crime. Recommended methods for the Identification and Analysis of Cocaine in Seized Materials. Vienna: Publishing and Library Section, United Nations Office at Vienna, 2012.

VROEGOP MP, FRANSSEN EJ, VAN DER VOORT PH, et al. "The emergency care of cocaine intoxications." **The Netherlands Journal of Medicine**, v. 67 p. 122-126, 2009.

## 6. Normas do Periódico

As normas da Revista Brasileira de Criminalística podem ser acessadas em:  
<<http://rbc.org.br/ojs/index.php/rbc/about/submissions>>

Título pleno do artigo: não devendo exceder 25 palavras

X.X. Aluno <sup>a,\*</sup>, X.X. Orientador <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Instituto de XXXX, Universidade de XXXXX, Brasília (DF), Brasil

<sup>b</sup> Instituto de Criminalística, Polícia Civil do Distrito Federal, Brasília (DF), Brasil

\*Endereço de e-mail para correspondência: [aluno@gmail.com](mailto:aluno@gmail.com). Tel.: +55-61-XXXXXXX.

---

### Resumo

Este documento fornece instruções de formatação para os autores prepararem artigos para prestação de contas referente ao Programa de Iniciação Científica 2019-2020 da Fundação de Peritos em Criminalística Ilaraine Acácio Arce (FPCIAA). Os autores devem seguir as instruções contidas no documento. Você pode usar esse documento bem como as instruções como um modelo no qual você pode digitar seu texto. Ressalta-se que o resumo deve apresentar os objetivos, o método utilizado e as principais conclusões, e ter, no máximo 250 palavras.

*Palavras-Chave:* Modelo; MS Word; FPCIAA; FAPDF; Máximo 5 Palavras-Chave.

---

### Abstract

This document gives formatting instructions for authors preparing papers to accountability referring to the Scientific Initiation Program 2019-2020 of the Ilaraine Acácio Arce Forensic Expert Foundation (FPCIAA). The authors must follow the instructions given in the document. You can use this document as both an instruction set and as a template into which you can type your own text. It is emphasized that the abstract should present objectives, methodology and main conclusions, and have no more than 250 words.

*Keywords:* Template; MS Word; FPCIAA; FAPDF; Maximum 5 Keyword

---

## 1. INTRODUÇÃO

O texto deve ter uma organização de reconhecimento fácil, sinalizada por um sistema de títulos e subtítulos que reflitam a organização. Este, sempre que possível, deve iniciar com uma Introdução, redigida para o público geral e não para o especialista. Esta seção deve conter a descrição do problema, sua importância, os resultados significativos e as conclusões dos trabalhos anteriores, além dos objetivos do trabalho atual.

## 2. FORMATAÇÃO DA PÁGINA

Uma maneira fácil de cumprir com os requisitos de formatação do artigo é usar este documento como um modelo e, para isto, basta digitar o texto nele.

### 2.1. Layout da Página

Seu artigo deve usar um tamanho de página correspondente a A4, que é 210mm de largura por 297mm de comprimento. As margens devem ser definidas da seguinte forma:

- Superior: 10mm;
- Inferior: 20mm;
- Esquerda: 25mm;
- Direita: 20mm.

Seu artigo deve ser formatado em duas colunas, com um espaço de 50mm entre as colunas.

## 3. ESTILO DA PÁGINA

Todos os parágrafos devem ser recuados e justificados, tanto à esquerda quanto à direita.

### 3.1. Fonte do texto do documento

O documento deve estar em Times New Roman. Outros tipos de fontes podem ser utilizados se for necessário para propósitos especiais. Os tamanhos de fonte recomendados são mostrados na Tab. 1.

### 3.2. Título e detalhes dos autores

O título deve ser em tamanho 17, com espaçamentos antes e depois, respectivamente, 12pt e 12pt. O(s) nome(s) do(s) autor(es) deve(m) ser em tamanho 13, com espaçamentos antes e depois, respectivamente, 0pt e 8pt. A filiação do(s) autor(es) deve(m) ser em tamanho 8, em itálico, com espaçamentos antes e depois, respectivamente, 0pt e 0pt.

Dados do autor não devem apresentar qualquer título profissional (por exemplo, Diretor), qualquer título acadêmico (por exemplo, Dr.) ou qualquer membro de qualquer organização profissional (por exemplo, membro da FPCIAA).

Para evitar confusão, o nome da família deve ser escrito como a última parte do nome de cada autor e o restante abreviado (por exemplo, J.A. Gomes).

Cada filiação deve conter, no mínimo, o nome da empresa, o nome da cidade e estado e o país onde o autor baseia-se (por exemplo, Instituto de Criminalística, Polícia Civil do Distrito Federal, Brasília(DF), Brasil).

Endereço de e-mail é obrigatório para o autor correspondente (aluno).

### 3.3. Seção de títulos

Não mais do que dois subtítulos devem ser usados. Todos os títulos devem ser em fonte 10pt e numerados sequencialmente.

#### 3.3.1. Subtítulo 1

O subtítulo 1 deve ser em tamanho 10, em negrito e itálico, e com espaçamentos antes e depois, respectivamente, 0pt e 0pt.

#### 3.3.2. Subtítulo 2

O subtítulo 2 deve ser em tamanho 10, em itálico, e com espaçamentos antes e depois, respectivamente, 0pt e 0pt.

### 3.4. Figuras e tabelas

As figuras e tabelas devem ser centralizadas na coluna. Figuras e tabelas grandes (por exemplo, Tab. 1) podem ser divididas entre ambas as colunas e devem ser posicionadas na parte superior ou na parte inferior da página.

Os gráficos podem ser em cores. Por favor, use apenas cores sólidas as quais contrastam bem na tela e em uma via impressa em preto-e-branco, como mostrado na Fig. 1. Verifique se a resolução é suficiente para revelar os detalhes importantes na figura. A Fig. 1 é apenas um exemplo de um gráfico experimental onde se foi ajustado uma curva teórica.

Verifique todas as figuras do artigo tanto na tela quanto em uma via impressa em preto-e-branco. Quando você verificar o seu artigo em uma via impressa em preto-e-branco, certifique-se que:

- as cores usadas em cada figura contrastam bem;
- a imagem usada em cada figura é clara;
- todos os rótulos de texto em cada figura são legíveis.

### 3.5. Legenda das Figuras

As figuras devem ser numeradas em algarismos arábicos. As legendas das figuras devem ser em fonte tamanho 8. As legendas de uma única linha devem ser centralizadas, enquanto legendas com múltiplas linhas devem ser justificadas. As legendas com os números das figuras devem ser colocadas após as respectivas figuras, como mostrado na Fig. 1.



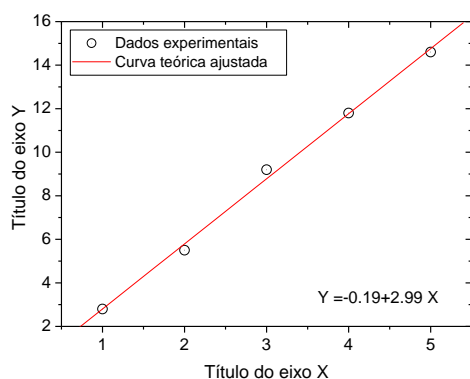
**Tabela 1.** Tamanho das fontes para o artigo. A legenda vem antes da tabela.

Tamanho Fonte	Apresentação (Time New Roman)			
	Regular	Negrito	Negrito / Itálico	Itálico
8	Título das tabelas e das figuras	Títulos: Tabela e Figura	-	-
9	Corpo do resumo e do abstract	Títulos: Resumo e Abstract	-	-
10	Corpo do texto e Referências	Títulos (em maiúsculo)	Subtítulo 1	Subtítulo 2
13	Nome do(s) autor(es)	-	-	-
17	Título do artigo	-	-	-

Somente figuras do autor ou, se já publicadas em outra revista, acompanhada de autorização escrita.

As figuras com dados / resultados técnicos devem ter marcação limítrofe nos quatro lados, com os indicadores de escala (marcas) em todos os lados, conforme Fig. 1.

Mencionar as figuras no texto como “Fig. 1” ou, se no início de uma frase, como “Figura 1”.



**Figura 1.** Esta figura é apenas um exemplo. A legenda deve vir após a figura.

### 3.6. Legenda das Tabelas

As tabelas devem ser numeradas com algarismos arábicos. As legendas das tabelas devem ser centralizadas e com tamanho de fonte 8 pt. As legendas com os números da tabela devem ser colocadas antes das respectivas tabelas, como mostrado na Tab. 1.

Mencionar as tabelas no texto como “Tab. 1” ou, se no início de uma frase, como “Tabela 1”.

### 3.7. Números de página, cabeçalhos e rodapés

Os números de página, cabeçalhos e rodapés não devem ser modificados.

### 3.8. Links e marcadores

Todos os links e marcadores deverão ser removidos dos artigos. Se você precisar se referir a um endereço de e-mail ou URL no seu artigo, você deve digitar o endereço ou URL totalmente em letra normal.

### 3.8. Referências

O título da seção de Referências Bibliográficas não deve ser numerado. Todos os itens da referência devem estar com tamanho de fonte 10. Por favor, utilize os estilos regular, itálico e negrito para distinguir diferentes campos, como mostrado na seção de Referências Bibliográficas. Número de itens de referência consecutivamente entre colchetes (por exemplo, [1]). Ao final do trabalho estas devem aparecer na seção “Referência Bibliográfica” por ordem de apresentação no texto.

Ao se referir a um item da referência, por favor, basta utilizar o número da referência, como em [2]. Não use “Ref. [3]” ou “referência [3]”, exceto no início de uma frase, por exemplo, “Referência [3] mostra...”. Várias referências são numeradas com suportes distintos (por exemplo, [2, 4-6]). Exemplos de itens de referência de diferentes categorias mostradas na seção de Referências Bibliográficas incluem:

- Artigos de revistas, os quais devem conter (nesta ordem) nome(s) do(s) autor(es), título do artigo, abreviação do periódico (em itálico), número do volume (em negrito e seguido de dois pontos), número da página inicial, número da página final e ano da publicação (entre parênteses). Veja exemplo em [1];
- Dissertações, as quais devem conter nome do autor, o título da dissertação, “Dissertação de Mestrado” (em itálico), Departamento, nome da Universidade e ano de conclusão (entre parênteses). Veja exemplo em [2];
- Teses, as quais devem conter nome do autor, o título da tese, “Tese de Doutorado” (em itálico), Departamento, nome da Universidade e ano de conclusão (entre parênteses). Veja exemplo em [3];
- Anais de conferências publicadas, os quais devem conter nome(s) do(s) autor(es), o título do trabalho, “Anais do nome da Conferência” (em itálico), número da página inicial, número

da página final e ano da publicação (entre parênteses). Veja exemplo em [4];

- Livros, os quais devem conter nome(s) do(s) autor(es), título do livro (em itálico), nome da editora, país da publicação, ano da publicação (entre parênteses) e páginas consultadas. Veja exemplo em [5];
- Artigos encaminhados para publicação, os quais devem conter nome(s) do(s) autor(es), título do artigo, abreviação do periódico (em itálico) e possível ano da publicação (entre parênteses). Veja exemplo em [6]. Recomendamos, entretanto, que esse tipo de citação seja evitado;
- Páginas da Web, as quais devem conter nome(s) do(s) autor(es), abreviação do periódico (em itálico), número do volume (em negrito), número da página, ano da publicação (entre parênteses), data de consulta e o sítio da internet onde se encontra o artigo. Veja exemplo em [7].

### 3.9. Equações e teoremas

Não apresentar as expressões matemáticas ao longo do texto, como parte de uma sentença, mas digitá-las em linhas separadas utilizando o próprio *equation* do MS/Word, como mostrado na Eq. 1.

$$y = ax^2 + bx + c \quad (1)$$

Os números que identificam as expressões matemáticas devem vir: à direita, no final da linha e entre parênteses.

Mencionar as equações no texto como “Eq. 1” ou, se no início de uma frase, como “Equação 1”.

## 4. CONCLUSÕES

A versão deste modelo é V2. Qualquer dúvida a respeito do modelo apresentado entre em contato com o presidente da FPCIAA.

## AGRADECIMENTOS

A Fundação de Peritos em Criminalística Ilaraine Acácio Arce – FPCIAA gostaria de agradecer aos Peritos Criminais, pesquisadores e alunos de graduação participantes do Programa de Iniciação Científica

2019-2020 da FPCIAA que se dispuseram a pesquisar nas mais diversas áreas da Ciência Forense.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G.M. Moore; A.R. Robertson. Suicide attempts by firearms and by leaping from heights: a comparative study of survivors. *Am. J. Psychiatry* **156**: 1425-1431, 1999.
- [2] S.C.P. Silva. A contribuição da perícia odontológica na identificação de cadáveres. *Dissertação de Mestrado*, Departamento de Odontologia, Universidade do Porto, 2007.
- [3] M. Abel. Estudo da perícia em petrografia sedimentar e sua importância para a engenharia de conhecimento. *Tese de Doutorado*, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.
- [4] M.A.A. Pires. O perfil Profissional do Perito Judicial Contábil. *Anais da 19ª Convenção dos Contabilistas do Estado de São Paulo*. 14-17, 2005.
- [5] L.B. Fricke. *Traffic Accident Reconstruction*, Northwestern University Traffic Institute, United States of America 210-234, 1990.
- [6] C.R. Dias; E. Antedomenico. Comoriência: ponderações jurídicas e tanatológicas. *Rev. Tribunais* (para ser publicado em 2011).
- [7] G.M. Moore; A.R. Robertson. Suicide attempts by firearms and by leaping from heights: a comparative study of survivors. *Am. J. Psychiatry* **156**, 1425-1431, 1999.

Retirado em 01/01/2011, de <http://www.xxx.com.br>

## APÊNDICES OU ANEXOS

A Revista Brasileira de Criminalística sugere utilizar apêndices ou anexos somente em último caso. Entretanto, se for necessário, esta seção virá após as Referências Bibliográficas.

Considera-se apêndice o texto ou documento elaborado pelo autor, a fim de complementar sua argumentação, sem prejuízo da unidade nuclear do trabalho. Considera-se anexo o texto ou documento não elaborado pelo autor, que serve de fundamentação, comprovação e ilustração.

## 7. Artigo

# CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DE AMOSTRAS DE COCAÍNA APREENDIDAS EM DIFERENTES LOCALIZAÇÕES NO DISTRITO FEDERAL.

Tales Mateus <sup>a</sup>, Ettore Ferrari Júnior <sup>b</sup>, Vivian Santos <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Universidade de Brasília - UnB (DF), Brasil

<sup>b</sup> Instituto de Criminalística, Polícia Civil do Distrito Federal, Brasília (DF), Brasil

<sup>c</sup> Universidade de Brasília - UnB (DF), Brasil

\*Endereço de e-mail para correspondência: talesmateus2704@gmail.com. Tel.: +55-61-996482679.

---

### Resumo

A cocaína é uma substância estimulante do sistema nervoso central (SNC) extraída das folhas de *Erythroxylum coca*. A droga comercializada nas ruas normalmente apresenta altas concentrações de adulterantes/diluentes e o estudo deste perfil químico pode ser utilizado como ferramenta de informação para a inteligência forense. Neste trabalho, um método para quantificação de cocaína e sete adulterantes (aminopirina, benzocaína, cafeína, fenacetina, levamisol, lidocaína e procaína) foi validado utilizando cromatografia gasosa acoplado à espectrometria de massa (GC-MS), demonstrando exatidão e precisão aceitáveis. Os valores de LOD e LOQ estabelecidos foram de 1 e 5 µg/mL, respectivamente, para todas os analitos avaliados. 127 amostras de cocaína em pó apreendidas no Distrito Federal (DF) - Brasil, de maio a dezembro de 2019, foram quantificadas pelo método em GC-MS e também avaliadas qualitativamente por infravermelho com Transformada de Fourier (FT-IR). A pureza da cocaína no Distrito Federal variou de 1,8 a 98,5 % apresentando uma média de 21,0 % e os principais adulterantes/diluentes presentes nas amostras analisadas foram fenacetina e levamisol (43,3 %), tetracaína (33,1 %) e cafeína (28,3 %). O método se mostrou de fácil execução e de simples implementação na rotina de um laboratório forense e os resultados obtidos colaboraram para um melhor entendimento sobre o comércio ilícito de cocaína em pó, no DF.

*Palavras-Chave:* cocaína; adulterantes; GC-MS; FT-IR; validação.

---

### Abstract

Cocaine is one of the most consumed drugs in the world. The drug sold on the streets usually has high concentrations of cutting agents and the study of this chemical profile can be used as an information tool for forensic intelligence. In this work, a quantitative method for cocaine and seven adulterants (aminopyrine, benzocaine, caffeine, phenacetin, levamisole, lidocaine and procaine) was validated using gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS), demonstrating acceptable accuracy and precision. The established LOD and LOQ values were 1 and 5 µg/mL, respectively, for all analytes evaluated. 127 samples of powdered cocaine seized in the Federal District (DF) - Brazil, from May to December 2019, were quantified by the GC-MS method and also qualitatively evaluated by infrared with Fourier Transform (FT-IR). Cocaine purity in the Federal District ranged from 1.8 to 98.5 %, average of 21.0 %, and the main cutting agents detected in the seized samples were phenacetin and levamisole (43.3 %), tetracaine (33, 1 %) and caffeine (28.3 %). The method proved to be easy and simple to implement in a forensic laboratory routine and the results obtained have contributed to a better understanding of the illicit cocaine trade in the Federal District.

*.Keywords:* cocaine; cutting agents; GC-MS; FT-IR; validation

---

## 1. INTRODUÇÃO

A cocaína é alcaloide psicoativo, estimulante do sistema nervoso central (SNC) e extraída das folhas de *Erythroxylum coca*. É um anestésico local, com efeitos estimulantes curtos. Nas ruas, é comumente comercializada na forma de sal cloridrato ou base livre, a qual é administrada na forma injetável e inalada, ou na forma de base livre ('crack'), que é suficientemente volátil para ser fumada [1]. A cocaína atua no bloqueio da captação de dopamina nos sistemas nervoso central e

periférico, podendo também atuar na recaptção de noradrenalina e serotonina, resultando no seu acúmulo nas sinapses, causando sensação de euforia, bem-estar e aumento no estado de alerta, mas também, taquicardia, hipertensão arterial e agitação motora [1,2-3]. Em usuários crônicos, pode desencadear quadros de paranoia, crises convulsivas, isquemia cerebral e cardíaca [4].

De acordo com a O escritório das Nações Unidas para Drogas e Crime (UNODC), em 2018, o número de apreensões globais chegou a 1.131 toneladas, com o número estimado de 19 milhões de usuários em todo o

mundo [5]. A América do Sul representa a maior fonte de produção e fornecimento para o mundo, além de apresentar, nos últimos anos, um acréscimo no seu próprio consumo [6]. Estima-se que a prevalência de uso de cocaína no Brasil seja de 1,64 % na população entre 16 e 64 anos. Em razão da sua população numerosa e da sua geografia, o Brasil é um país vulnerável não só ao consumo, mas também ao tráfico da droga [7].

Nas diversas etapas da cadeia do tráfico de cocaína, desde a produção até a sua distribuição final nas ruas, excipientes (adulterantes e diluentes) são adicionados de maneira a aumentar os lucros de sua venda. Lidocaína, benzocaína, cafeína, fenacetina e levamisol estão entre os excipientes comumente citados em artigos científicos. A grande diversidade de substâncias adulterantes, além da variação das concentrações presentes na substância, dificultam a predição dos efeitos e das reações adversas associadas ao seu uso [8, 9-10]. Como exemplo, os valores reportados para pureza da cocaína em amostras apreendidas, na América Latina, podem variar entre 1 e 100%, de acordo com a Inter-American Drug Abuse Control Commission – 2013 [11].

A determinação da pureza da cocaína de rua e de adulterantes/diluentes presentes é uma ferramenta importante para a inteligência forense, estabelecendo conexões entre apreensões de drogas, proporcionando um entendimento do comércio local e tendências do mercado ilícito em uma região. Portanto, é algo que contribui para a implementação de políticas eficientes de repressão ao tráfico [12,13].

Como técnica analítica, a cromatografia gasosa é uma das mais utilizadas para análise de cocaína [14,15, no entanto, a espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FT-IR) é uma instrumentação laboratorial interessante, uma vez que é capaz de detectar sais inorgânicos, ácido bórico, amido e outros diluentes que não passíveis de análise direta por GC.

## 2. MATERIAS E MÉTODOS

### 2.1. Produtos químicos e reagentes

Acetonitrila (ACN) LC-MS foi adquirido da Scharlau (Barcelona, Espanha). Cloridrato de cocaína e procaína foram fornecidos pelo Escritório das Nações Unidas contra Drogas e Crime (UNODC, sigla em inglês). Aminopirina, lidocaína, fenacetina, levamisol, benzocaína, cafeína e octadecano foram obtidos de Sigma Aldrich (St Louis, MO). Amostras de referência de ácido bórico, tetracaína e creatina foram obtidos de amostras apreendidas pela Polícia Civil do Distrito Federal, Brasil. Água ultrapura foi obtida a partir de um sistema de

purificação Milli-Q (Millipore, Bedford, MA, EUA). Farinha de trigo e amido de milho, utilizados como matriz em branco, foram adquiridos no comércio local.

Soluções de estoque (SE) e soluções de trabalho (ST) foram diluídas em acetonitrila (ACN). Foram preparadas SE individuais (para cada analito), na concentração de 10,000 mg/mL, além de uma ST mix contendo todos os analitos (1000 mg/mL). A solução de trabalho de n-octadecano (1.000 mg/mL) foi utilizada como padrão interno (PI). Para o preparo das SE e ST, foram utilizados balões volumétricos de 25 mL. Todas as soluções foram mantidas em frasco âmbar sobre refrigeração (-20°C).

### 2.2. Preparo de amostras

O material utilizado no estudo foi proveniente de amostras reais da rotina do Laboratório de Química e Física Forense (LQFF), do Instituto de Criminalística do Distrito Federal. Foram coletadas, de modo aleatório, 127 amostras de cocaína (pó branco), de maio a dezembro de 2019. Informações adicionais, como local de apreensão, sexo e idade dos envolvidos, foram obtidos do sistema de ocorrências Millennium da PCDF. Como critério de inclusão, foram utilizadas amostras onde a presença de cocaína foi previamente confirmada, por meio da análise de cromatografia gasosa acoplada com espectrometria de massas (GC-MS, sigla em inglês).

Para o procedimento de quantificação, para cada amostra, foram aliqüotados 100 mg em um tubo falcon de 15 mL. A este tubo, foram adicionados 10 mL de acetonitrila com 0,1 % de hidróxido de amônio (ACN/NH<sub>4</sub>OH 0,1 %). Na sequência, as amostras foram agitadas em vórtex (15 segundos), banho de ultrassom (5 minutos) e posterior centrifugação (3500 RPM, 5 minutos). 100 µL do sobrenadante foram transferidos para um microtubo de 2 mL, com tampa, seguido de adição de 900 µL de ACN/NH<sub>4</sub>OH 0.1 %. O microtubo foi agitado em vórtex (15 seg.), foram transferidos 400 µL do conteúdo para um vial, adicionados 600 µL de ACN/NH<sub>4</sub>OH 0.1 % e 20 µL de octadecano (P.I., concentração final de 20 µg/mL). O vial foi encaminhado para análise em GC-MS. O precipitado obtido após a centrifugação do tubo falcon de 15 mL foi recuperado, seco em uma estufa (40 °C), e analisado por infravermelho com Transformada de Fourier (FT-IR, sigla em inglês).

### 2.3. Instrumentação e condições do GC-MS

As análises foram realizadas utilizando um cromatógrafo gasoso Agilent 7890A, acoplado a um

espectrômetro de massas 5975C (GC-MS). O sistema era controlado pelo software Agilent Chemstation, E 02.02.1431 (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, EUA). Uma coluna analítica Agilent J&W DB-5 ms (30 m x 0,25 mm i.d., espessura de filme de 0,25 µm) foi utilizada. O volume de injeção de amostra foi de 1 µL, split 20:1. Hélio (gás de arraste) teve fluxo constante ajustado a 1 mL/min. A temperatura do injetor foi mantida em 280 °C. A programação da rampa de temperatura do forno do GC foi ajustada como se segue: temperatura inicial de 100 °C, mantida por 1 min, seguida de um aumento de temperatura a uma taxa de 20 °C /min, até 312 °C, a qual foi mantida por 4,3 min. O tempo total de análise foi de 15,9 minutos. Uma fonte de íons por impacto de elétrons foi utilizada (energia de ionização de 70 eV), sendo realizada análise de massas pelo modo scan (m/z 40-500) e pelo de monitoramento seletivo de íons (SIM, em inglês). A análise do modo SIM foi realizada por monitoramento de três íons para cada analito, exceto para lidocaína, a qual, devido a pobre fragmentação no espectrômetro de massas, foram utilizados 2 íons. Para cada analito, incluindo o P.I., o íon de maior abundância foi escolhido para quantificação e os demais, como qualificadores, exceto para a fenacetina, onde o segundo íon mais abundante (m/z 179) foi escolhido como íon quantificador. As condições do espectrômetro de massas foram: temperatura da fonte de íons aquecida a 300 °C e da interface, a 280 °C. A Tabela 1 mostra os tempos de retenção de cada substância analisada, incluindo o padrão interno, além da abundância dos fragmentos.

### 2.3. Instrumentação e condições do ATR-FTIR

A aquisição de espectros de infravermelho com Transformada de Fourier foi realizada usando um ATR-FTIR (Alpha II, Bruker), equipado com detector de IV DTGS (sulfato de triglicina deutero) e um acessório ATR (reflectância total atenuada) usando um cristal de diamante. A análise dos dados foi realizada pelo software OPUS (versão 7.5, Bruker). Análises qualitativas foram realizadas para avaliar principalmente a presença de ácido bórico e creatina.

### 2.5. Método de validação

A validação do método foi realizada sob as diretrizes do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO e da Organização das Nações Unidas para Drogas e Crime - UNODC (2009). Os parâmetros de validação avaliados foram seletividade, efeito de matriz, linearidade, exatidão (tendência), precisão (repetibilidade e precisão intermediária), limite

de detecção (LOD), limite de quantificação (LOQ) e *carryover*.

Para os testes em GC-MS, um mix contendo ácido bórico, creatina, farinha de trigo e amido de milho foi utilizado como matriz em branco.

**Tabela 1.** tempo de retenção, íons quantitativo, qualitativo e respectivas abundâncias ( $\pm$  DPR, % do padrão interno e substâncias analisadas:

Analito	Tr	Íon quantitativo (m/z)	Íons qualitativos (m/z)	Abundância <sup>1</sup> (%)
Aminopirina	8,5	56	97	54,8 $\pm$ 0,5
			231	50,0 $\pm$ 0,4
Benzocaína	6,5	120	92	21,34 $\pm$ 0,4
			165	37,63 $\pm$ 1,0
Cafeína	8,0	194	55	21,14 $\pm$ 2,2
			109	45,84 $\pm$ 1,0
Cocaína	9,9	82	182	102 $\pm$ 9,9
			303	25,5 $\pm$ 14,5
Fenacetina	7,2	179	137	90,10 $\pm$ 3,1
			180	121,7 $\pm$ 12,4
Levamisol	8,9	148	73	40,66 $\pm$ 8,1
			204	100,43 $\pm$ 6,8
Lidocaína	8,2	86	58	6,60 $\pm$ 0,3
Octadecano <sup>2</sup>	7,6	57	43	61,97 $\pm$ 0,6
			71	73,86 $\pm$ 0,3
Procaína	9,2	86	99	37,1 $\pm$ 2,5
			120	31,0 $\pm$ 3,3

Tr: tempo de retenção em minutos. <sup>1</sup> = abundância foi expressa em média  $\pm$  desvio padrão. <sup>2</sup> = padrão interno.

#### 2.5.1 Seletividade

A seletividade foi avaliada por meio da análise de 10 matrizes em branco, preparadas de modo independente, e investigando possíveis interferências analíticas na resposta das substâncias de interesse, no tempo de retenção esperado. Substâncias (n = 30) de interesse

forense, incluindo canabinóides, anfetaminas, medicamentos controlados e catinonas, também foram analisadas para avaliar a seletividade.

### 2.5.2 Efeito de matriz

O efeito de matriz foi avaliado comparando a área média normalizada da amostra (área do analito / área P.I.) em amostras fortificadas com os padrões de interesse, com a área média normalizada dos padrões diluídos em solvente, e expresso em porcentagem. O teste foi avaliado em três níveis de concentração (5, 250 e 400 µg/mL), para cada analito. O teste F para comparação de duas variâncias (amostra fortificada e amostra em solvente) foi realizado, seguido pelo teste t de Student, para avaliar se o efeito da matriz era estatisticamente significativo ( $p = 0,05$ ). Para o teste F, caso o F calculado fosse maior que o F tabelado, as variâncias não poderiam ser consideradas iguais, ou seja, a matriz tem um efeito importante sobre a precisão do método, na faixa de concentração em estudo. Para o teste t-Student, se o valor de t calculado for menor que o t tabelado, pode-se concluir que a matriz não afeta o ensaio [16].

### 2.5.3 Linearidade

Para avaliar a linearidade do método, o estudo foi conduzido através de soluções padrão de trabalho, que foram preparadas em 6 replicatas, em sete níveis de concentração (1, 5, 10, 25, 50, 250, 400 µg/mL).

As áreas médias em cada ponto foram utilizadas para a construção da curva padrão e o teste de Grubbs foi realizado para detectar outliers. A homocedasticidade da curva analítica utilizando a regressão linear de mínimos quadrados foi avaliada para cada analito pelo teste de Cochran, e a curva é considerada homocedástica quando os desvios-padrão não apresentem diferenças significativas entre os níveis testados [17]. Os testes de Grubbs e Cochran foram realizados pelo software GraphPad Prism®, versão 6.01. A curva de calibração com coeficiente de correlação ( $r$ ) igual ou superior a 0,99 foi considerada linear.

### 2.5.4 Exatidão e precisão (repetibilidade e precisão intermediária).

Exatidão e precisão (repetibilidade e precisão intermediária) foram avaliadas com matriz fortificada com os analitos de interesse, em três níveis de concentração (5, 250 e 400 µg / mL) e 6 repetições para cada nível.

A exatidão foi calculada para cada nível de concentração, e expresso em porcentagem ( $n = 6$ ), de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{Exatidão} = \frac{\text{Concentração observada} \times 100 \%}{\text{Concentração esperada}}$$

A repetibilidade ( $n = 6$ ) foi avaliada no mesmo dia e a precisão intermediária, em três dias ( $n = 18$ ), pelo mesmo analista. Como critérios de aceitação, a exatidão devia estar entre os limites de 85 e 115 % e os valores de precisão, apresentarem os valores de desvio padrão relativo (DPR) inferiores a 15 % [18].

### 2.5.5 LOD e LOQ

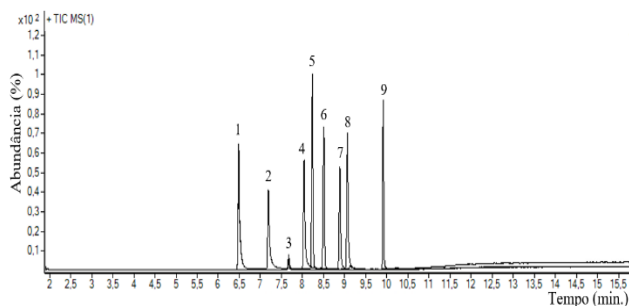
O LOD do método foi definido para cada analito, na matriz fortificada com os padrões de interesse ( $n = 6$ ), como  $\mu + 3,3s$ , quando “ $\mu$ ” é a média da relação sinal-ruído e “ $s$ ” é o desvio padrão da análise de matrizes em branco ( $n = 10$ ). O LOQ do método foi definido para cada analito como o nível mais baixo no qual o método foi validado dentro dos critérios de aceitação para exatidão, repetibilidade e precisão intermediária.

### 2.5.6 Carryover

O carryover foi avaliado com replicatas de injeção ( $n = 6$ ) de matriz em branco após a corrida analítica do maior ponto da curva (400 µg/mL). Como critério de aceitação, a área do íon quantificador de cada analito, no tempo de retenção esperado, não poderia ser superior a 10 % da área do respectivo íon, no menor ponto de concentração da curva analítica.

## 3. RESULTADO E DISCUSSÃO

A figura 1 mostra o cromatograma no modo SIM da cocaína, do octadecano (P.I.) e dos 7 adulterantes/diluentes quantificados pelo método proposto. É importante destacar que as substâncias quantificadas não tiveram o tempo de retenção otimizado na corrida cromatográfica, pois foi utilizado o mesmo método empregado no LQFF para a triagem de outras classes de substâncias, como medicamentos, pesticidas e outras drogas de abuso. Portanto, a corrida cromatográfica utilizada seria capaz de detectar outras substância ilícitas porventura presentes nas amostras analisadas.



**Figura 1.** Monitoramento de íons selecionados (SIM) das 8 substâncias analisadas e padrão interno. (1) benzocaína; (2) fenacetina; (3) octadecano; (4) cafeína; (5) lidocaína; (6) aminopirina; (7) levamisol; (8) procaína; (9) cocaína.

### 3.1. Validação do método

#### 3.1.1 Seletividade

Conforme recomendado pelas diretrizes do INMETRO um método é considerado seletivo quando apresenta a capacidade de quantificar o analito na presença de outros analitos, matrizes ou de outro material potencialmente interferente [16].

Não foram observados sinais analíticos de interferência nos tempos de retenção das substâncias de interesse, indicando que o método é seletivo.

#### 3.1.2 Efeito de Matriz

A matriz da amostra pode conter componentes que interferem no desempenho da medição. Esses interferentes podem aumentar ou reduzir o sinal, comprometendo o resultado. Adicionalmente, a magnitude desse efeito também pode depender da concentração. Logo, no estudo de seletividade é necessário verificar também a existência de efeito de matriz [16].

Nas três concentrações avaliadas (5, 250 e 400 µg/mL), para cada analito, o teste F demonstrou que não havia diferença estatística entre as variâncias das áreas normalizadas das amostras fortificadas e em solvente. Como não houve supressão ou aumento significativo do sinal analítico ( $p = 0,05$ ), a curva analítica foi construída com os padrões das substâncias diluídos solvente (ACN/NH<sub>4</sub>OH 0,1 %).

#### 3.1.3 Linearidade

Um procedimento analítico é considerado linear quando os seus resultados (dentro de uma dada faixa) são diretamente proporcionais à concentração do analito, na amostra de interesse [19].

A linearidade da curva analítica foi calculada pelo método dos mínimos quadrados e mostrou-se dentro dos critérios de aceitação para todos os compostos, apresentando um coeficiente de correlação ( $r^2$ ) maior que 0,99. Nenhum valor extremo (outlier) foi observado pelo teste de Grubbs e as curvas analíticas de todas as substâncias foram consideradas homocedásticas, pelo teste de Bartlett.

#### 3.1.4 Exatidão e precisão

A exatidão é a medida da diferença entre o resultado real (esperado) e o valor calculado, já a precisão é o valor que mensura a proximidade dos resultados analíticos obtidos de uma série de replicatas (na mesma concentração), sendo a repetibilidade e a reprodutibilidade (precisão intermediária), parâmetros comumente aceitos para a avaliação [18]. Para todos os analitos, nas 3 concentrações avaliadas (5, 250 e 400 µg/mL), os valores de exatidão, repetibilidade e precisão intermediária se mostraram dentro da faixa de aceitação, indicando que o método possui exatidão e precisão aceitáveis. Os valores obtidos nos testes de exatidão e repetibilidade/precisão intermediária dos compostos estão descritos na Tabela 2.

#### 3.1.5 LOD e LOQ

Limite de detecção (LOD) de um procedimento analítico é a menor quantidade de analito na amostra que pode ser detectada, mas não necessariamente quantificada sob as condições estabelecidas para o ensaio [16,19]. Já o limite de quantificação (LOQ) de um procedimento analítico é a menor quantidade do analito na amostra que pode ser quantitativamente determinada com precisão e exatidão aceitáveis [19].

As concentrações de 1 e 5 µg/mL foram definidos como o LOD e LOQ do método, respectivamente, para todos os analitos.

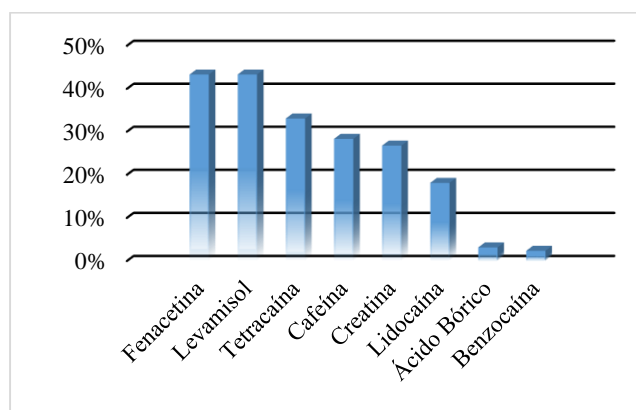
#### 3.1.6 Carryover

Os resultados de *carryover* se mostraram dentro dos critérios de aceitação estipulados no qual não poderia ser superior a 10 % da área do respectivo íon, no menor ponto de concentração da curva analítica. para a validação do método.

### 3.2 Amostras de casos reais

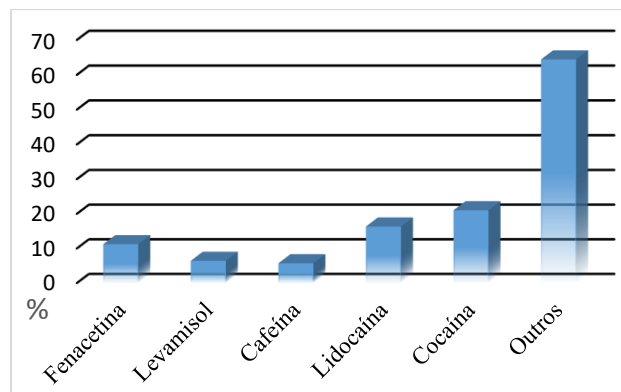
A figura 2 mostra a frequência (em %) de detecção dos adulterantes/diluentes nas 127 amostras de cocaína

analisadas por GC-MS e FT-IR. Amostras controle fortificadas (250 µg/mL) foram incluídas em cada lote de 40 amostras, as quais mostraram dentro dos valores previamente estipulados (85-115%). Os principais adulterantes detectados foram fenacetina e levamisol (43,3%), tetracaína (33,1%) e cafeína (28,3%). Procaína e aminopirina não foram detectadas em nenhuma das amostras analisadas.



**Figura 2.** Frequência (em %) da detecção dos adulterantes/diluentes nas 127 amostras de cocaína analisadas por GC-MS e FT-IR.

A pureza da cocaína variou de 1,8 a 98,5% apresentando uma média de 21,0 % (Fig. 3) e a concentração média de substância desconhecida na composição do pó de cocaína foi de 64 % (Fig. 3), indicando a grande diversidade de adulterantes /diluentes que podem ser utilizados no preparo.



**Figura 3.** Concentração média (em %) dos adulterantes/diluentes nas 127 amostras de cocaína analisadas por GC-MS. Desconhecido: % de outros adulterantes não determinados pelos métodos utilizados.

**Tabela 2.** Exatidão, repetibilidade e precisão intermediária dos 8 analitos em três níveis de concentração.

Analito	Exatidão (%)			Repetibilidade (%)			Precisão intermediária (%)		
	5 µg/mL	250 µg/mL	400 µg/mL	5 µg/mL	250 µg/mL	400 µg/mL	5 µg/mL	250 µg/mL	400 µg/mL
<b>Aminopirina</b>	104	100,6	101,7	4,1	2,1	4,9	7,4	2,8	9,0
<b>Benzocaína</b>	108,6	104,9	108,6	2,6	0,4	3,7	2,2	0,8	2,7
<b>Cafeína</b>	107,7	109,7	109,8	4,1	1,7	3,4	0,4	0,4	1,2
<b>Cocaína</b>	86,8	103,5	92,5	2,3	5,5	1,6	4,3	2,1	3,3
<b>Levamisol</b>	95,0	102,0	92,7	7,2	8,6	5,4	6,5	0,7	0,2
<b>Lidocaína</b>	101,2	108,7	109,8	5,8	3,6	1,3	0,8	1,7	1,5
<b>Fenacetina</b>	102,2	104,9	88,6	3,9	3,7	0,9	2,4	2,4	4,9
<b>Procaína</b>	101,1	105,7	108,0	5,8	3,6	1,3	0,8	1,7	1,5

Exatidão e repetibilidade: n = 6; precisão intermediária: n = 18, em cada concentração avaliada (5, 250 e 400 µg/mL).

A pureza média da cocaína em pó analisada pela Polícia Federal brasileira, entre 2010 e 2013 (n = 159) foi de 69,8% [20]. Em outro estudo, um perfil químico do cloridrato de cocaína apreendido em cinco diferentes estados brasileiros (Distrito Federal, Goiás, São Paulo, Bahia e Acre, entre 2011-2014 (n = 65), a pureza média da cocaína foi determinada em 44,5% [15]. Em um estudo

conduzido no Paraná - Brasil, entre 2017 e 2012, a pureza da cocaína em pó foi de até 97,2% [21] e, em Minas Gerais - Brasil, em 2018, a concentração variou de 0,1 a 56,6% [22].

Apesar da grande variedade de agentes adulterantes/diluentes que podem estar presentes na composição da droga de rua, algumas substâncias são



frequentemente relatadas. Em um estudo realizado na Finlândia, de 2012 a 2013, a análise de 32 amostras de cocaína em pó mostrou que os principais adulterantes utilizados foram levamisol (33%), cafeína (19%), glicose e lidocaína (14%), manitol, fenacetina e lactose (12%) e creatina (7%) [14]. Em 1011 amostras de cocaína analisadas pelos serviços europeus de checagem de drogas, entre janeiro e junho de 2019, 57% das amostras de cocaína em pó analisadas apresentavam apenas o alcaloide e compostos inativos (por exemplo, leite em pó), e cerca de 40% das amostras continham cocaína e uma ou mais substâncias farmacologicamente ativas, como levamisol (n = 184) e cafeína (n = 146) [23]. Em um estudo realizado nos Estados Unidos, de novembro de 2016 e fevereiro de 2017 (n = 116), levamisol (n = 92) foi o adulterante com maior frequência de detecção, seguido por fenacetina (n = 22), cafeína (n = 14), hidroxizina (n = 10) e benzocaína (n = 6) [24].

No Brasil, fenacetina, levamisol, cafeína, lidocaína, benzocaína, ácido bórico, aminopirina e diltiazem são frequentemente relatados em amostras de cocaína em pó [25, 20-15-26].

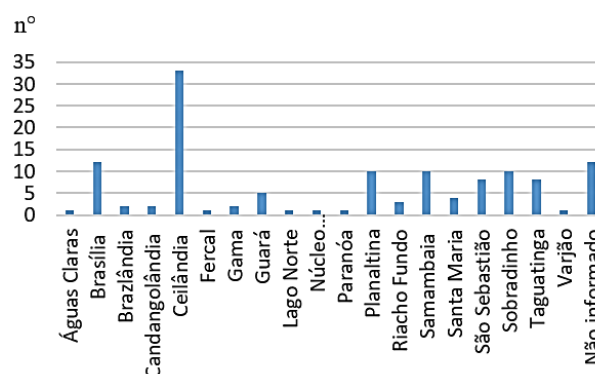
O monitoramento dos agentes adulterantes em amostras de cocaína de rua é importante não só para a inteligência forense, mas também para o âmbito da toxicologia. Lidocaína, benzocaína, procaína e tetracaína são anestésicos locais. Quando adicionada a cocaína, estas substâncias mimetizam o efeito anestésico da cocaína, levando à impressão de um efeito potencializado ou parecido da droga. [27, 28-29].

O levamisol é um agente anti-helmíntico e imunomodulador (utilizado como adjuvante em terapias antineoplásicas) [30]. Este medicamento é capaz de potencializar o efeito estimulante da cocaína devido a dois produtos secundários gerados durante sua metabolização: o aminorex, composto com estrutura semelhante à das anfetaminas, e seu isômero ativo, o rexamino [30, 31-32]. A cafeína é um potente estimulante do SNC, além do promover sensação de bem-estar [33].

A fenacetina é um analgésico e antipirético comumente encontrado em amostras de cocaína, porém o seu uso ainda não é plenamente compreendido, pois alguns autores sugerem que devido a sua analgesia, serviria para aliviar a dor que pode ocorrer após a administração da cocaína [34, 35-36]. A creatina e o ácido bórico, diluentes da cocaína cloridrato (pó), não apresentam atividade farmacológica que mimetizem algum dos efeitos esperados pelo uso do alcaloide [37].

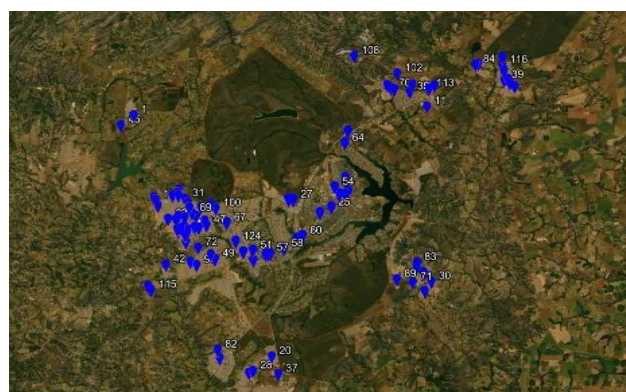
As 127 amostras de cocaína em pó foram avaliadas conforme informações sobre o local de apreensão (Fig 4). A região do Distrito Federal com o maior número de apreensões, no período analisado, foi Ceilândia (n = 33),

seguido de Brasília (Asa Sul, Asa Norte e Área Central, n = 12), e Planaltina, Samambaia e Sobradinho, cada uma com 10 apreensões. Pode-se observar que a maior parte ocorreu em cidades-satélite onde a taxa de criminalidade é elevada (SSP/DF, 2021).



**Figura 4.** Distribuição das apreensões analisadas por regiões administrativas em diferentes localizações do Distrito Federal. Brasília = Asa Sul, Asa Norte e Área Central. Não informado = amostras que não possuíam o local de apreensão descrito.

As 127 amostras foram também geoprocessadas e plotadas no mapa do Distrito Federal, usando o software ArcGis® Earth, versão free 1.11 (Fig. 5). O comércio de drogas pode afetar os níveis de violência de uma região, pois é um componente inerente ao mercado ilícito. Quando traficantes disputam espaço no mercado de uma determinada região, os índices de homicídio, por exemplo, apresentam considerável aumento. Além disso, os efeitos psicofarmacológicos de drogas ilícitas, como a cocaína, estão mais ligados à violência do que outras [38].



**Figura 5.** distribuição das amostras de cocaína apreendidas em diferentes localizações do Distrito Federal.

Dados de 2018, na América do Sul, estimam que 2,8 milhões de pessoas (quase 1 % da população) entre 15-64 seiram usuários de cocaína [6]. No Brasil, a prevalência é semelhante. O uso de cocaína na população entre 15 e 64 anos aumentou de 0,7 % em 2005 para 1 % em 2016 [6]. Em 2011, 2,2% da população já teria usado cloridrato de

cocaína por via inalatória. Este consumo na faixa etária mais jovem é ainda maior (14 a 25 anos), atingindo 4.8% de usuários do sexo masculino [39], os quais seriam mais propensos ao uso ilegal de substâncias psicoativas do que as mulheres [40].

O impacto do consumo de cocaína é uma grande preocupação social e de saúde pública, pois provavelmente é a substância ilícita mais frequentemente associada ao tráfico e violência nas Américas [41]. Um estudo conduzido por pesquisadores do Departamento de Psiquiatria da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) e da University of Texas School of Public Health, nos Estados Unidos, realizado em 149 municípios brasileiros, demonstrou que a prevalência do uso do cloridrato de cocaína ao longo da vida em geral da população foi estimada em 3,9%. Sendo, 6,4% entre os homens e 1,6%, entre as mulheres [42].

Os dados deste trabalho evidenciam que 86,4 % do material analisado foi apreendido com pessoas do sexo masculino (86,43%) entre 17 a 53 anos, sendo que 45 % das apreensões envolviam jovens entre 17 e 25 anos.

Considerando o tipo penal envolvido, tráfico de drogas e porte para consumo, a faixa de pureza da cocaína variou de 1,8 a 35,6%, para porte e entre 1,8 - 98,5%, para tráfico (Tabela 3). O Brasil é o maior mercado de cocaína da América do Sul [7] e análises de amostras de cocaína advindas de tráfico de drogas interestadual/internacional geralmente apresentam baixo teor de adulteração, diferente do que é observado nas apreensões de cocaína de rua, que mostram alta porcentagem de diluição, menor concentração de cocaína e, frequentemente, alto percentual de conteúdo desconhecido na composição da substância [15,25], demonstrando a diversidade de adulterantes que pode ser utilizada.

**Tabela 3.** Faixa de concentração da cocaína separada em dois tipos de apreensões: tráfico e consumo.

	<b>Tráfico</b>	<b>Consumo</b>	<b>Outros</b>
<b>N</b>	66	32	29
<b>Conc.</b>	1,80-98,50%	1,82-35,58%	1,82 - 96,94%
<b>Conc. média</b>	23,58%	16,68%	19,72%

N: número de amostras. Conc: concentração.

Outros: apreensão de drogas em cenas de homicídio, furto, latrocínio e crimes que estavam em apuração no momento da coleta de informações.

#### 4. CONCLUSÃO

Um método por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas foi validado para a quantificação de cocaína e 7 adulterantes. O método se mostrou de fácil execução e de simples implementação na rotina do Laboratório de Química e Física Forense do Instituto de Criminalística do Distrito Federal e até

mesmo de outros laboratórios forenses do país, pois todos os Estados brasileiros possuem a mesma instrumentação analítica (GC-MS) utilizada neste projeto.

Junto com as análises por FT-IR, creatina e ácido bórico também puderam ser detectados nas 127 amostras de cocaína em pó analisadas. Este projeto de conclusão de curso foi utilizado como um projeto piloto para implementação de uma rotina de mapeamento do perfil químico de cocaína apreendida no Distrito Federal. Por meio da determinação do teor de pureza da cocaína, dos adulterantes presentes e do georreferenciamento das apreensões, espera-se um melhor entendimento do comércio ilícito de cocaína no DF, sendo uma interessante fonte de informação de inteligência pericial.

#### AGRADECIMENTOS

À Fundação de Peritos em Criminalística Ilaraine Acácio Arce – FPCIAA e à Fundação de Apoio a Pesquisa (FAP-DF), pelo apoio financeiro por meio do Programa de Iniciação Científica.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ritter J, Flower R, Henderson G, Rang H. *Rang & Dale's pharmacology*. 8 ed. Nova Iorque: Elsevier, 2016.
- [2] Brunton L, Hilal-Dandan R, Knollmann BC. *Goodman and Gilman's: the Pharmacological Basis of Therapeutics*. 13ed. Mc Graw Hill, 2017.
- [3] L. Nelson, N. Lewin, M.A. Howland, R. Hoffman, L. Goldfrank, N. Flomenbaum. *Goldfrank's Toxicology Emergencies*. 9 ed. Nova Iorque: Mc Graw Hill, 2011.
- [4] B. M. F. Araújo, et al. O uso e abuso da cocaína: efeitos neurofisiológicos. *Ciências Biológicas e de Saúde Unit*, Alagoas, **4**, 359-370, 2017.
- [5] UNODC, 2020. United Nations Office on Drugs and Crime. World Drug Report 2020. Cross-cutting issues: evolving trends and new challenges. Retirado em 01/03/2021, de <https://www.unodc.org/wdr2020>.
- [6] UNODC, 2020. United Nations Office on Drugs and Crime. World Drug Report 2020. Drug Use and Health Consequences. Retirado em 01/03/2021, de <https://www.unodc.org/wdr2020>.
- [7] UNODC, 2020. United Nations Office on Drugs and Crime. World Drug Report 2020.
- [8] C. Cole, L. Jones, J. Mcveigh, A. Kicman, Q.Syed, M. A. Bellis. Cut: a guide to adulterants, bulking agents and

- other contaminants found in illegal drugs, 2010. Retirado em 01/03/2021 de <http://www.thehealthwell.info/node/69006>
- [9] M.P. Vroegop, et al. "The emergency care of cocaine intoxications." *Neth J Med*, 67-122, 2009.
- [10] K.C.Ladizinski, B.D.G. Federman. Complications associated with use of levamisole contaminated cocaine: an emerging public health challenge. *Mayo Clin Proc*, **87(6)** 581-586, 2012.
- [11] OEA. Organização dos Estados Americanos. The Drug Problem in the Americas: Studies. The Economics of Drug Trafficking. Retirado em 01/03/2021, de [http://www.cicad.oas.org/main/default\\_eng.asp](http://www.cicad.oas.org/main/default_eng.asp)
- [12] J. Broséus, et al. Qualitative, quantitative and temporal study of cutting agents for cocaine and heroin over 9 years. *Forensic Sci Int*, **257**, 307–313, 2015.
- [13] G. Ferreira., et al. Investigação de adulterantes em amostras de cocaína apreendidas na região de Araçatuba no período de 2014 a 2015. *Rev. Bras. Crimin.*, **8**, 45-61, 2019.
- [14] J. Broséus, S. Huhtala, P. Esseiva. First systematic chemical profiling of cocaine police seizures in Finland in the framework of an intelligence-led approach. *Forensic Sci Int*, **251**, 87–94, 2015.
- [15] A.O. Maldaner, et al. Chemical profiling of street cocaine from different Brazilian regions. *J. Braz. Chem. Soc*, **27**, 719–726, 2016.
- [16] INMETRO: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Orientações sobre validação de métodos analíticos. Inmetro. Rio de Janeiro, 2020.
- [17] E. Ferrari Júnior, E.D. Caldas. Simultaneous determination of drugs and pesticides in postmortem blood using dispersive solid-phase extraction and large volume injection-programmed temperature vaporization-gas chromatography–mass spectrometry. *Forensic Sci Int*, **290**, 318–326, 2018.
- [18] UNODC, 2009. United Nations Office on Drugs and Crime. World Drug Report 2009. Guidance for the Validation of Analytical Methodology and Calibration of Equipment used for Testing of Illicit Drugs in Seized Materials and Biological Specimens. Retirado em 01/03/2021 de <https://www.unodc.org/unodc/en/scientists/guidance-for-the-validation-of-analytical-methodology-and-calibration-of-equipment.html>.
- [19] ICH: Validation of Analytical Procedures: Text and Methodology, in Q2(R1). ICH Harmonised Tripartite Guideline: London, 2005.
- [20] A.O. Maldaner, et al. Brazilian federal district cocaine chemical profiling - Mass balance approach and new adulterant routinely quantified (Aminopyrine). *J. Braz. Chem. Soc*, **26**,1227–1231, 2015.
- [21] G. Floriani, et al. Development and validation of an HPLC-DAD method for simultaneous determination of cocaine, benzoic acid, benzoylecgonine and the main adulterants found in products based on cocaine. *Forensic Sci Int*, **235**, 32–39, 2014.
- [22] D.N. BARRETO, et al. High-throughput screening of cocaine, adulterants, and diluents in seized samples using capillary electrophoresis with capacitively coupled contactless conductivity detection. *Talanta*, **217**, 2020.
- [23] EMCDDA, 2020. European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction. European Drug Report 2020. Trends and Developments. Retirado em 20/11/2020, de [https://www.emcdda.europa.eu/system/files/publications/13236/TDAT20001ENN\\_web.pdf](https://www.emcdda.europa.eu/system/files/publications/13236/TDAT20001ENN_web.pdf).
- [24] T. R. Fiorentin, et al. Determination of cutting agents in seized cocaine samples using GC–MS, GC–TMS and LC–MS/MS. *Forensic Sci Int*, **295**, 99–206, 2019.
- [25] N. V. S. Rodrigues, et al. Analysis of seized cocaine samples by using chemometric methods and FTIR spectroscopy *J. Braz. Chem. Soc*, **24**, 507–517, 2013.
- [26] L. M Souza, et al. A survey of adulterants used to cut cocaine in samples seized in the Espírito Santo State by GC-MS allied to chemometric tools. *Sci. Justice*, **56**, p. 73–79, 2016.
- [27] I. Evrard, S. Legleye, A. Ccadet-Tairou. Composition, purity and perceived quality of street cocaine in France. *Int. J. Drug Policy*, **21**, 399– 406, 2010.
- [28] A. Chakladar, et al. White powder, blue patient: Methaemoglobinaemia associated with benzocaine-adulterated cocaine. *Resuscitation*, **81**, p.138-139, 2010.
- [29] M. Saraghi, E.V. Hersh. Potential diversion of local anesthetics from dental offices for use as cocaine adulterants. *J. Am. Dent. Assoc.*, **145**, 256–259, 2014.

- [30] A. Chang, J. Osterloh, J. Thomas. Levamisole: a dangerous new cocaine adulterant. *Clin.Pharmacol. Ther*, **88**,408-411, 2010. 2014.
- [31] E.D. Botelho, et al. Chemical profiling of cocaine seized by Brazilian federal police in 2009-2012: Major components. *J. Braz. Chem. Soc*, **25**, 611–618, 2014.
- [32] S. F. Lapachinske, et al. Analysis of cocaine and its adulterants in drugs for international trafficking seized by the Brazilian Federal Police. *Forensic Sci Int*, **247**, 48–53, 2014.
- [33] J.J. Zacca, et al. Brazilian Federal Police drug chemical profiling — The PeQui Project. *Sci. Justice*, **54**, 300-306, 2014.
- [34] T. M. Brunt, et al. An analysis of cocaine powder in the Netherlands: Content and health hazards due to adulterants. *Addiction*, **104**, 798–805, 2009.
- [35] C. Cole, et al. Adulterants in illicit drugs: A review of empirical evidence. *Drug Test. Anal.*, **3**, 89–96, 2010.
- [36] M. Knuth, et al. Analysis of cocaine adulterants in human brain in cases of drug-related death. *Forensic Sci Int*, **285**, 86–92, 2018.
- [37] J.T. Cardoso. Determinação de cocaína e seus adulterantes empregando Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (GC-MS). Uberlândia - MG, 2020. *Dissertação de Mestrado*.
- [38] UNODC. Global study on homicide. Vienna: United Nations Office on Drugs and Crime, 2013.
- [39] INPAD – Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Política Públicas de Álcool e outras Drogas. 2014. Retirado em 01/03/2021, de <http://inpad.org.br/lenad/resultados/comportamento-de-riscos/resultados-preliminares/>.
- [40] E. Tuchman. Women and addiction: The importance of gender issues in substance abuse research. *J. Addict. Dis.*, **29**, 127–138, 2010.
- [41] UNODC, 2020. United Nations Office on Drugs and Crime. World Drug Report 2012. Retirado em 01/03/2021, de <https://www.unodc.org/lpo-brazil/en/frontpage/2012/06/26-press-release-WDR-2012.html>
- [42] R. R. Abdalla, et al. Prevalence of Cocaine Use in Brazil: Data from the II Brazilian National Alcohol and Drugs Survey (BNADS). *Addict. Behav*, **39**, 297–301,