UMA ABORDAGEM DIDÁTICA DOS MÉTODOS QUÍMICOS FORENSES APLICADOS NAS INVESTIGAÇÕES CRIMINAIS NO MARANHÃO

A DIDACTIC APPROACH TO FORENSIC CHEMISTRY METHODS APPLIED IN CRIMINAL INVESTIGATIONS IN MARANHÃO

https://doi.org/10.63330/aurumpub.062-035

João Paulo Pierote Silva
Licenciatura plena em Química pela Universidade Federal do Piauí (UFPI)
União Piauí-PI, Brasil

Marco Aurélio da Silva Coutinho
Mestre em Engenharia dos Materiais pelo Instituto Federal do Piauí (IFPI), Docente da Secretaria Estadual de Educação do Piauí (SEDUC-PI), Teresina-PI, Brasil
E-mail: drmarcoaureliocoutinho@gmail.com
Lattes: http://lattes.cnpq.br/6930641108982221
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6703-2854

Douglas da Cruz Sousa
Mestre em Química Inorgânica pela Universidade Federal do Piauí (UFPI)
Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA) - Campus Buriticupu
E-mail: douglas.sousa@ifma.edu.br
Lattes: http://lattes.cnpq.br/7735421911972954
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4058-6387

Jardes Figuerêdo do Rêgo
Doutor em Química pela Instituição de formação
Docente: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Docente Centro Universitário Afya Coordenação do Curso de Engenharia Civil Teresina - PI
E-mail: jardes.rego@afya.com.br
Lattes: http://lattes.cnpq.br/0930923807805772
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8066-5077

Herbert Gonzaga Sousa
Licenciatura plena em Química pela Universidade Estadual do Piauí - UESPI
Mestre em Química Universidade Federal do Piauí
E-mail: herbertgonzaga19@gmail.com
Lattes: http://lattes.cnpq.br/7608668641353890

Naise Mary Caldas
Professor titular da Universidade Federal do Piauí - UFPI
Doutora em Química em Química Inorgânica - UFPI
E-mail: naisecaldas@ufpi.edu.br
Lattes: http://lattes.cnpq.br/3959498027650076
ORCID: 0000-0002-3977-3540

UMA ABORDAGEM DIDÁTICA DOS MÉTODOS QUÍMICOS FORENSES APLICADOS NAS INVESTIGAÇÕES CRIMINAIS NO MARANHÃO

Alan Bruno da Silva Ferreira
Licenciatura plena em Ciências Biológicas
Bacharelado em Biomedicina
Mestre em Ensino de Biologia
E-mail: profbioalanbruno@gmail.com
Lattes: https://lattes.cnpq.br/2544273620046793

Maria das Dores Alves de Oliveira
Mestrado em Química Universidade Federal do Piauí, UFPI, Brasil
E-mail: maralves013@gmail.com
Lattes: http://lattes.cnpq.br/6110193599678434
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2847-6567

Florisvaldo Clementino Santos Filho
Mestre em Química pela Universidade Federal do Piauí
Docente da Universidade Federal do Piauí, Coordenador Centro de Educação Aberta e a Distância
E-mail: florisvaldosantos@ufpi.edu.br
Lattes: http://lattes.cnpq.br/6033248350460741
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2435-7851

José Nathannyel Chagas Barbosa
Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pelo Centro de Ensino Superior Vale do Parnaíba (CESVALE), Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI-PI), Supervisor Educacional da Secretaria Estadual do Piauí (SEDU-PI), Teresina-PI, Brasil
E-mail: Nathannyel.21@gmail.com
Lattes: http://lattes.cnpq.br/6930641108982221

Tânia Patrícia Silva e Silva
Mestre em Engenharia dos Materiais pela Universidade Federal do Piauí (UFPI)
E-mail: tania.patricia@ufpi.edu.br
Lattes: http://lattes.cnpq.br/0147541416824939
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3468-5808

Francisco Cardoso Figueiredo
Doutor em Biotecnologia UFPI, Mestrado em Ciências dos Materiais
Professor titular da Universidade Federal do Piauí
E-mail: franciscofigueiredo@ufpi.edu.br
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2938-6480

Patrick Wilson Soares Sales
Graduação em Licenciatura Plena em História (UESPI)
Especialização em Especialização em Docência do Ensino Superior (UESPI)
Especialização em Especialista em Docência para Educação Profissional e Tecnológica (IFPI)
E-mail: patrickwssales@gmail.com
Lattes: http://lattes.cnpq.br/1329969187217245

Marinaldo Sousa de Carvalho
Graduação em Licenciatura Plena em Quimica - UFPI; Mestre em Química Orgânica - UFMG; Doutor em Química Orgânica - UNICAMP; Especialização em Energia Solar vinculado ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica - UFPI; Docente Associado III - Centro de Educação Aberta e à Distância - Universidade Federal do Piauí
E-mail: marinaldo@ufpi.edu.br
Lattes: http://lattes.cnpq.br/0498158707980017

Milton de Sousa Falcão
Doutor em Química pela Universidade Federal do Piauí
Docente do Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia do Maranhão - IFMA
Lattes: http://lattes.cnpq.br/3984096724143042
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2560-8114

Samara Patricia Ferreira de Jesus Nascimento
Licenciada em Química pela Universidade Federal do Piauí – UFPI
Especialista em Docência Superior
E-mail: samarapatricias@yahoo.com.br
Lattes: https://lattes.cnpq.br/6895160146864910

RESUMO

A Química Forense vem assumindo papel de crescente relevância na sociedade contemporânea, configurando-se como uma importante ferramenta científica no auxílio à elucidação de dinâmicas criminais e na produção de provas técnicas para subsidiar investigações policiais e processos judiciais. O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma discussão, por meio de um relato de experiência, acerca da importância dos métodos químicos forenses aplicados à investigação criminal, especialmente no contexto do Estado do Maranhão, onde diferentes modalidades de crimes demandam respostas técnico-científicas cada vez mais eficazes. Para tanto, foi realizado um relato de experiência sobre as principais técnicas forenses empregadas nas investigações conduzidas pela Polícia Civil do Estado do Maranhão, enfatizando a análise de vestígios físicos e químicos encontrados em cenas de crime, bem como os procedimentos laboratoriais utilizados para identificação de substâncias e materiais de interesse pericial. Os resultados observados evidenciam que, apesar das limitações relacionadas à infraestrutura, disponibilidade de recursos e necessidade de ampliação tecnológica, a Química Forense exerce papel fundamental na elucidação de crimes, contribuindo significativamente para a identificação de evidências, reconstrução de fatos e fortalecimento das investigações criminais. Além disso, destaca-se sua importância como instrumento de apoio à justiça, promovendo maior confiabilidade aos processos investigativos e ampliando a efetividade das ações de segurança pública.

Palavras-chave: Relatos de experiência forense; Cenas criminais; Vestígios criminais.

ABSTRACT

Forensic Chemistry has assumed an increasingly relevant role in contemporary society, establishing itself as an important scientific tool in assisting the elucidation of criminal dynamics and the production of technical evidence to support police investigations and judicial proceedings. The present study aims to present a discussion, through an experience report, on the importance of forensic chemical methods applied to criminal investigations, especially in the context of the State of Maranhão, where different types of crimes demand increasingly effective technical and scientific responses. To this end, an experience report was conducted on the main forensic techniques employed in investigations carried out by the Civil Police of the State of Maranhão, emphasizing the analysis of physical and chemical evidence found at crime scenes, as well as the laboratory procedures used for the identification of substances and materials of forensic interest. The observed results demonstrate that, despite limitations related to infrastructure, resource availability, and the need for technological expansion, Forensic Chemistry plays a fundamental role in crime elucidation, contributing significantly to the identification of evidence, reconstruction of events, and strengthening of criminal investigations. Furthermore, its importance as an instrument to support justice is highlighted, promoting greater reliability in investigative processes and enhancing the effectiveness of public security actions.

Keywords: Forensic experience reports; Criminal scenes; Criminal traces.

1 INTRODUÇÃO

A ciência forense foi, por muito tempo, uma ciência que utilizava de métodos e técnicas de pouco conhecimento da sociedade e do público, sendo bem restrita ao público policial. Com a exposição midiática de conteúdo policial que abordam as técnicas forenses, tais como o seriado americano *CSI*® (do inglês *Crime Scene Investigation*), e por jogos de casos clássicos criminais, como o clássico detetive Sherlock Holmes®, a ciência forense ganhou destaque em virtude da visão fascinante e excitante que os casos mirabolantes e cheios de reviravoltas que a ciência ajuda a desvendar, mesmo que muitas vezes aconteçam exageros em relação a realidade (Souza, 2008), como mostra a Figura 1.

Figura 1 – Cena de uma investigação forense apresentado no seriado americano *CSI*.



É importante destacar que a utilização da ciência para desvendar crimes tem motivado enormes avanços no desenvolvimento de novas técnicas e da popularização da ciência forense com a sociedade. Dentro da criminalística aplicada, temos a Química Forense, que ocorre quando se utiliza do vasto conhecimento químico que é aplicado na elucidação de crimes. É a ciência que mais tem se destacado na elucidação de crimes, dentro do contexto atual de permanente evolução tecnológica (Regina, 2006).

Como preceitua a teoria do criminologista Edmond Locard (1877 – 1966), o uso da Química Forense ocorrerá nas investigações criminais uma vez "que sempre que ocorrer o contato entre duas superfícies, necessariamente haveria troca de substâncias entre elas". Assim, quando da perpetração de um crime, o autor carregaria consigo substâncias denotativas de sua presença no local do delito e/ou de seu contato com a vítima e, também, deixaria substâncias suas no local e/ou na vítima, atestando que lá estivera e/ou que mantivera contato com aquela pessoa. Os métodos químicos utilizados para a detecção desta troca de substâncias justificariam o amplo uso e destaque da Química Forense nas investigações criminais (Lima, 2009). A Química Forense, utiliza técnicas e análises instrumentais, para buscar e identificar a autoria dos mais diversos tipos de crimes que afligem a modernidade. A Ciência Forense é um tema que desperta a atenção dos grupos mais distintos. Esta ciência, que está relacionada às investigações criminais, tem sido difundida constantemente em programas de televisão, filmes e seriados, onde peritos criminais são importantes para a solução dos crimes apresentados (Rosa *et al.*, 2015).

A Química Forense pertence como outras disciplinas à ciência Criminalística, que engloba ramos do conhecimento técnico-científico com a finalidade de compreender a dinâmica do crime e determinar sua autoria. A criminalística envolve um procedimento investigatório que utiliza métodos científicos para analisar e interpretar evidências materiais, a fim de elucidar a prática de um crime e sua autoria, possibilitando à Justiça a aplicação da Lei Penal (Branco *et al.*, 2000).

Historicamente, o primeiro registro de uso da Química na elucidação de um crime foi em 1960 com a hipótese de que Napoleão teria morrido envenenado. Conforme documentado, análises químicas constataram a existência de uma quantidade anormal de óxido de arsênio (As_2O_3) em um fio de cabelo do mesmo. Vale salientar que o arsênio em sua fórmula elementar (As) não é tóxico. Entretanto, o óxido de arsênio (As_2O_3) é tóxico e letal em determinadas concentrações (Le Couteur e Burreson, 2006).

Uma possibilidade de contaminação cogitada para o envenenamento por arsênio foi de que teria sido acidental, ao constatar que o papel de parede da cor verde, dos aposentos de Napoleão era dessa cor graças ao uso de um composto de arsênio – o arsenato de cobre ($CuHAsO_4$). A umidade teria provocado a formação de mofo no papel de parede e a ação de microrganismos teriam convertido a o arsenato de cobre em trimetilarsênio - $(CH_3)_3As$, uma substância altamente volátil, e teria sido facilmente inalada por Napoleão em quantidades que foram se acumulando (Valiati, 2007).

Desse modo, a importância da Química Forense se reveste no aperfeiçoamento de técnicas para análise, caracterização e determinação dos mais diversos tipos de vestígios encontrados nas mais variadas cenas de crime. Tais vestígios são elementos essenciais para o processo de identificação do autor da infração penal e estabelecimento da dinâmica do fato investigado (Farias, 2020).

São exemplos de análises químicas clássicas de interesse forense as reações empregadas nas análises de disparos de armas de fogo (Reis *et al.*, 2004), no uso de explosivos (Carapinha, 2010), em incêndios (Almeida Junior *et al.*, 2010), na identificação de adulterações em veículos (Bruni *et al.*, 2012), em revelação de impressões digitais (Chemello, 2007), na identificação de sangue em locais de crime (Dias Filho e Antedomenico, 2010) e peças relacionadas a estes na constatação de substâncias entorpecentes (Oliveira, 2011), entre outras.

Com o desenvolvimento da Química Instrumental, as técnicas forenses ganharam um avanço tecnológico para a elucidação das cenas criminais. Técnicas hifenadas, como a Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CG-EM), Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) e Cromatografia Líquida acoplada a Espectrometria de Massas (CL-EM) ajudam na purificação e identificação de substâncias que podem ser chaves para a elucidação. Entretanto, vale destacar que são técnicas caras e nem todos os centros de investigações policiais do país apresentam condições de infraestrutura para estas técnicas. Atualmente, no Brasil, apenas a Polícia Federal faz usos destas técnicas para a elucidação de crimes (Martins, 2015).

Desta forma, a Química Forense é o ramo das ciências forenses voltado para a produção de provas materiais para a justiça, através da análise de substâncias diversas, tais como drogas lícitas e ilícitas, venenos, resíduos de incêndio, explosivos, resíduos de disparo de armas e fogo, combustíveis, tintas e fibras (Romão et al., 2011).

Embora as técnicas utilizadas pela Química Forense estejam em avanço permanente, dado outrora os procedimentos de investigação utilizavam-se da tortura e dos castigos corporais para determinação de autoria. Atualmente, enfrenta-se a alteração dos locais de crimes pelos próprios criminosos e pela curiosidade da população, dificultando desta maneira a individualização dos vestígios e, consequentemente, a determinação da autoria do delito investigado (Costa Junior, 2011).

Assim o estudo da Química aliado da investigação criminal é de fundamental importância para coesão da sociedade, haja visto que a utilização do conhecimento científico para determinação da dinâmica e autoria de crimes favorece a preservação dos direitos humanos, fortalece o conhecimento científico e aperfeiçoa a prática forense (CRQ IV, 2014).

Diante dessas informações, é possível constatar a importância do tema que, além de manifestar uma evidente aplicação dos conceitos químicos, utiliza-se da interdisciplinaridade, fator essencial para o debate transversal dos conteúdos e dos conceitos de química de forma a abranger conhecimentos relevantes para investigação criminal (Monfardini, 2005).

Desta forma, o presente trabalho tem por objetivo realizar uma abordagem didática dos métodos químicos forenses aplicados nas investigações criminais no Estado do Maranhão.

2 METODOLOGIA

Para a elaboração do presente artigo, utilizou-se dos trabalhos realizados como Perito Criminal do Instituo de Criminalística do Estado do Maranhão. Foi realizado um levantamento dos métodos químicos forenses utilizados nos principais exames periciais, tanto em locais de crime como no laboratório, nos últimos 12 anos, para estabelecer a dinâmica de crimes, identificar autores e drogas de abuso. A abordagem se deu nos principais métodos químicos forenses utilizados: revelação de impressões digitais, revelação de manchas de sangue e identificação de drogas de abuso.

Em seguida, foi realizado um relato de experiência profissional baseados em materiais de pesquisa retirados de livros especializados, sites e artigos específicos, além de material bibliográfico do próprio autor (Fotografias e Laudos Periciais). Este trabalho descreve uma abordagem didática do relato de experiência dos métodos químicos forenses aplicados nas Investigações Criminais no Maranhão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Química Forense no Maranhão, assim como em todo o Brasil, é deficitária de uma infraestrutura adequada para a realização de procedimentos adequados para a elucidação de crimes. Os métodos utilizados ainda são arcaicos e clássicos. A utilização de uma instrumentação mais elaborada é rara e depende, muitas vezes, da repercussão de um determinado caso. O uso de técnicas analíticas hifenadas, por exemplo, é

restrito para crimes investigados pela Polícia Federal. A infraestrutura disponibilizada para as Polícias Civis Estaduais é limitada, arcaica e deficitária, o que impede investigações criminais mais complexas (Martins, 2015).

Dentre métodos químicos forenses aplicados nas investigações criminais no Maranhão, destaca-se como principais: a Quimioluminescência; a Revelação de impressões digitais; e a Identificação de drogas abuso. Estes métodos são utilizados na maioria dos casos em locais de crime e no laboratório.

3.1 QUIMIOLUMINESCÊNCIA

Na dinâmica criminalística, há crimes em que o autor é imbuído na ocultação do delito e age no sentido limpar os vestígios da ação criminosa. Um dos vestígios mais presentes nas mortes violentas são as manchas de sangue. Havia muita dificuldade, com o passar dos dias da ação criminosa, para se investigar e buscar vestígios de manchas de sangue em locais de crime já limpos e até higienizados. Nesse sentido, a Química Forense através de instrumentação própria desenvolveu técnica para revelar sangue latente ou oculto nas cenas de crime, tendo por objetivo de auxiliar na investigação criminal e reduzir a impunidade em tais crimes. Um dos exemplos amplamente divulgados foi o caso Isabela Nardoni, o qual se utilizou recursos da Química Forense para revelar sangue oculto naquela cena de crime (Teixeira, 2011).

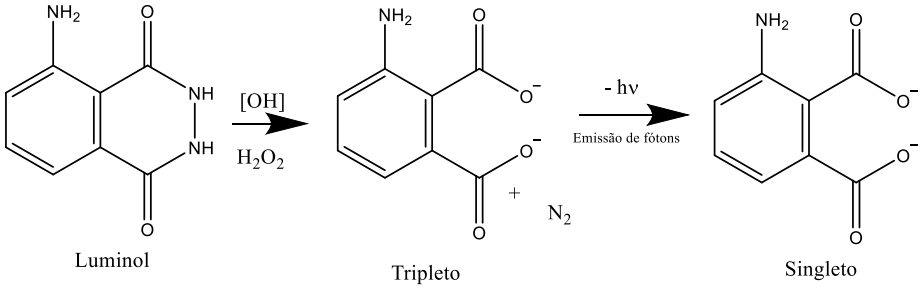
Outro caso que marcou a comunidade forense e a população em geral foi o julgamento do ex-jogador de futebol americano O. J. Simpson. Havia uma acusação contra ele de duplo homicídio, após a descoberta dos corpos de Nicole Simpson e Ron Goldman, sua ex-mulher e amigo, respectivamente. O julgamento durou 372 dias. Segundo algumas fontes, a palavra ‘sangue’ foi dita quinze mil vezes no julgamento. E foi justamente esta evidência que acabou decidindo o caso. A polícia encontrou uma cena de crime com muitas provas latentes: muito sangue, peças de vestuário, pegadas e uma trilha de sangue que revelava o caminho seguido pelo criminoso(a). Seguindo estas pistas, os policiais chegaram à casa do ex-marido de Nicole, O. J. Simpson, obtendo no local mais evidências: manchas de sangue em seu carro, nas suas meias e no chão do jardim. Exames de DNA comprovaram que esse sangue era das vítimas (Toobin, 2016).

A técnica utilizada pela Química Forense foi a quimiluminescência, e caracteriza-se pela emissão de luz através de uma reação química. A técnica de caracterização de sangue com luminol é um exemplo de processo quimioluminescente. Num processo de quimioluminescência ocorre uma reação química que leva à produção de uma substância no estado eletrônico excitado, que, pelo decaimento para o estado eletrônico fundamental, emite luz. Isto é, durante o processo químico da quimioluminescência os reagentes absorvem energia e utilizam-na para formação de um complexo ativado, o qual se transforma em um produto eletronicamente excitado. Quando a espécie excitada for emissiva a mesma emite radiação diretamente e quando não ocorrer emissão direta de radiação pode ocorrer a transferência de energia do

estado excitado com a formação de uma molécula aceptora específica, com emissão indireta da radiação (Chemello, 2007).

Na Química Forense uma das reações mais exploradas é a oxidação do luminol (5-amino-2,3-di-hidro-1,4-ftalazinediona) que reage com o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e com o íon hidroxila (OH-) em meio alcalino, emitindo luz conforme a Figura 1 (Stene, 2013)).

Figura 1 – Reação do Luminol com Peróxido de Hidrogênio emitindo fótons.



O luminol é utilizado para comprovar a presença de sangue, mesmo não havendo evidências visíveis ou após ter sido lavado o ambiente em questão (Stene, 2013), como mostra a Figura 2.

Figura 2 – Revelação de manchas de sangue em cena de crime utilizando Quimioluminescencia por Luminol: A) Cena inicial do crime. B) Mancha de sangue revelada pelo Luminol.



(A) (B)

Fonte: LAUDO PERICIAL Nº 4677.12.5374.12/2012

Esse procedimento é possível pelo fato de que o luminol reage com quantidade mínima de sangue, sua sensibilidade pode alcançar a concentração de 1 ppb (parte por bilhão), até mesmo em locais com azulejos, pisos cerâmicos ou de madeira, os quais tenham sido lavados. A eficácia do produto é destacada por ser possível a detecção de sangue mesmo que já tenham se passado seis anos. A reação produzida com luminol não afeta a cadeia de DNA, permitindo o reconhecimento dos criminosos ou das vítimas. Por isto,

ele é recomendado para locais onde há suspeita de homicídio e superfícies que, aparentemente, não exibem traços de sangue (Chemello, 2007).

De acordo com Lima *et al*. (2007), quando há o contato da hemoglobina com o luminol, o ferro na hemoglobina acelera a reação entre o peróxido de hidrogênio e o luminol. Nesta reação de oxidação, o luminol perde átomos de nitrogênio e hidrogênio e adquire átomos de oxigênio, resultando em um composto denominado 3-amino-ftalato. A reação deixa este composto em um estado de energia mais elevado, pois os elétrons dos átomos de oxigênio são empurrados para orbitais mais elevados. Os elétrons retornam rapidamente para um nível de energia menor, emitindo a energia extra em forma de um fóton. Com o ferro acelerando o processo, a luz brilha o suficiente para ser vista em um ambiente escuro.

Como exemplo, no ano de 2012, no âmbito do projeto do governo federal da Força Nacional de Segurança Pública, em apoio à contenção e resolução de crimes violentos – Homicídios no estado de alagoas, especificamente na cidade de Maceió, o autor do trabalho, juntamente com uma equipe plantonista, dente eles um perito criminal do estado do Ceará e um papiloscopista do Rio de Janeiro, atendeu uma solicitação de exame pericial em suposto local de crime(homicídio) na data do dia 30/10/2012. O endereço direcionava para um prédio da antiga estação ferroviária localizado na Avenida Maceió, no bairro Jaraguá, Maceio-A. As primeiras informações da autoridade policial solicitante, referia-se ao endereço como local que teria ocorrido um crime de homicídio, no dia 27 de novembro de 2012. Neste, os autores haviam realizado a limpeza, através do uso de sabão e detergentes, do local para encobrir os vestígios da ação criminosa. Nesse sentido foi utilizado técnica quimiolumisnecente, através do reagente de nome comercial Bluestar®, conforme a Figura 3, o qual é um agente visualizador de sangue, cujo mecanismo de ação é baseado no Luminol e tem a propriedade de produzir a quimiluminescência na presença de um agente oxidante no contato com sangue (Bluestar Forensic, 2010).

Figura 3 – Reagente commercial *Bluestar*® utilizado em investigações criminais.



O principal componente é capaz de catalisar esta reação para emissão de luz é o metal (Fe) presente no grupo heme (estrutura bioquímica que forma uma parte integral da peroxidase, igualmente presente na

hemoglobina). Em outras palavras, uma mistura de Luminol, agente oxidante e agente alcalina, colocado em contato com sangue, emitirá luz (Bluestar Forensic, 2010).

O *Bluestar*® é mais sensível do que qualquer teste presuntivo de campo para sangue. Manchas de sangue tratados com *Bluestar*® podem ser visíveis em diluições de até 1:10.000. Manchas invisíveis (latentes) reagem imediatamente ao reagente de sangue *Bluestar*®, provocando uma luminescência de cor azul intensa (λ=430 nm) visível ao olho nu na escuridão. Sua sensibilidade é tanto que acusará evidência de sangue em quantidades menores do que a mínima quantidade necessária para realizar exames de DNA. A Tabela 1 mostra as diferenças entre o *Bluestar*® e o Luminol (Bluestar Forensic, 2010).

Tabela 1 – Comparativo das características do *Bluestar*® e do Luminol.

CARACTERÍSTICA	LUMINOL	*BLUESTAR*®
DEFINIÇÃO	Composto químico que pode produzir quimioluminescência.	É um detector efetivo de sangue usado em cenas criminais ou laboratório.
ESTABILIDADE	Instável	Estável
BRILHO	Baixo	Alto
CINÉTICA	Rápida	Lenta
CUSTO	Baixo	Alto

Assim, o *Bluestar*® é uma substância quimioluminescente, que pode ser usada como teste preliminar para detectar a presença de sangue latente em objetos e superfícies diversas. Ele é usado, principalmente, em locais onde as manchas não podem ser vistas a olho nu, em áreas onde o sangue foi lavado, em rachaduras, fendas e encanamentos. Tal substância reagente é extremamente sensível e detecta vestígios de sangue depositados em vários substratos: animal e vegetal, sob a forma líquida, sólida, puro ou diluído, recente e antigo, enxaguado ou lavado. Entretanto, deve-se ressaltar que o *Bluestar*® não diferencia sangue humano de sangue animal. Outra limitação da técnica é que breves aparecimentos de luz podem ocorrer sem a presença do sangue, por exemplo, se o reagente entrar em contato com ácidos graxos e frutas cítricas (Bluestar Forensic, 2010).

O *Bluestar*® é um teste preliminar e, deste modo, capaz de acarretar resultados falso-positivos e falso-negativos. Os resultados falso-positivos são devidos à presença de oxidantes químicos, catalíticos e sais de metais pesados como cobre e níquel, Substâncias comuns como iodo, água sanitária, formalina, peroxidase de plantas como rabanete, frutas cítricas, bananas, melão e numerosos vegetais podem dar falso positivo. Os resultados falso-negativos são causados por reações com agentes redutores fortes como ácido ascórbico. Muita limpeza, seguida de aplicação de calor alto, pode provocar resultado falso-negativo, isto é, algumas reações “falsas” podem ocorrer devido à presença de certos componentes em detergentes domésticos, cloro, pinturas e vernizes, cobre e ferro. Portanto, em casos de reação positiva ao reagente

Bluestar®, testes de confirmação para sangue, e se é humano ou não, devem ser realizados em laboratório. A tipificação de DNA também precisa ser feita no laboratório (Bluestar Forensic, 2010).

3.2 REVELAÇÃO DE IMPRESSÕES DIGITAIS

O uso das impressões digitais como recurso de identificação é ainda um meio operacional e de baixo custo para o processo de individualização do indivíduo. Historicamente, a busca por vestígios de impressões digitais nos locais de crime foi uma das primeiras técnicas para se buscar a autoria do delito, haja vista que o criminoso ao praticar uma foto criminoso, utiliza-se na maior parte dos casos das mãos. As impressões digitais reveladas e coletadas pela primeira vez como um meio de relacionar um criminoso à cena do crime, através de vestígios papilares encontrados no local, foram relatadas em 1880, por *Henry Faulds*, médico britânico que trabalhava no hospital de Tsukiji, em Tóquio no Japão. Ele advogou o uso das impressões digitais para detecção científica de criminosos e solucionou alguns crimes no Japão (Toccheto; Figini, 2012).

Outro caso que se tornou ponto de partida para o avanço das técnicas de revelação de impressões digitais em locais de crime foi o caso de Teresa Francisca Rojas. Na ocasião, seus dois filhos foram assassinados e a culpa era atribuída ao seu vizinho. Juan Vucetich, o perito da polícia de La Plata, na Argentina, coletou por meio de fotografias, impressões digitais latentes impregnadas em manchas de sangue na porta da residência da suspeita, que foram aceitas como provas pela justiça. A partir daí, o perito começou se interessar pelas impressões digitais e, em setembro de 1981, apresentou o seu novo sistema de identificação, com o nome de iconofalangometria, que consistia na combinação do antigo Sistema de BERTILLON e um novo sistema de impressões digitais. A Figura 4 mostra os tipos de impressão digital apresentadas por Vucetich (Azevedo e Aguiar Filho, 2016).

Figura 4 – Os quatro tipos fundamentais de impressão digital de Vucetich.



A importância das impressões digitais se dá porque cada ser humano tem um conjunto único de impressões. Desta forma, a sua identificação é muito importante para elucidar casos forenses no âmbito

criminal. Como a superfície dos dedos estão sempre em contato com substâncias químicas excretadas pelo corpo, as marcas das digitais ficam facilmente aderidas ao longo de uma superfície, de modo a se obter vestígios dos sulcos existentes em nossos dedos. Estes desenhos podem ser revelados a partir do uso de outras substâncias químicas reveladoras, sendo estes por ocasionados por processos físicos ou químicos (Azevedo e Aguiar Filho, 2016).

As impressões digitais são chamadas de vestígios latentes, ou seja, em cenas de crimes, na maioria das vezes, não são visíveis a olho nu. A presença de impressões digitais de uma determinada pessoa em local de crime, por exemplo, pode ser utilizada para provar a autoria do crime ou inserir esta pessoa como testemunha no contexto do crime (Chimello, 2007).

A principal técnica utilizada pelo Instituto de Criminalística do Maranhão ainda é a técnica do pó, onde o perito faz o uso de um pó preto ou branco, dependendo da superfície onde possivelmente o vestígio se encontra. O pó tem afinidade química com os componentes presentes na impressão digital e, através de interações moleculares, é possível fazer a revelação da mesma. Isso ocorre por que a impressão digital contém resquícios de suor e gordura, pois um indivíduo, ao cometer um crime, tem elevado a sua tensão emocional, aumentando principalmente nas pontas dos dedos a produção de suor e gordura provenientes das glândulas sudoríparas, sebáceas e apócrinas. Sabe-se que no suor humano estão presentes muitos compostos inorgânicos como cloretos e íons metálicos e, principalmente, água, sendo possível a revelação das impressões digitais através de ligações de hidrogênio e interações do tipo dipolo-dipolo como os componentes químicos do pó. Quando a impressão digital é recente, a água é o principal composto ao qual as partículas de pó aderem. À medida que o tempo passa, os compostos oleosos, gordurosos ou sebáceos são os mais importantes. Esta interação entre os compostos da impressão e o pó é de caráter elétrico, estando presentes forças de Van der Waals e ligações de hidrogênio.

Um exemplo da composição química de um pó preto é 50% de óxido férrico (Fe_2O_3), 25% de resina e 25% de negro de fumo (Chemello, 2007). O pó preto é eficiente para revelação de impressões latentes em superfícies claras. Já o pó branco é eficiente na utilização em superfícies escuras. Um exemplo de composição química de um pó branco é 60% de óxido de titânio (TiO_2), 20% de talco e 20% de *caulin* (Chemello, 2007).

Em abril de 2012, uma operação foi realizada no Bairro Barreto, em São Luís do Maranhão, com o objetivo de prender autores de homicídios praticados na região. Foram encontradas diversas motocicletas utilizadas nas ações criminosas. Em uma delas, foi utilizado a revelado de impressão digitais através da técnica do pó. A impressão foi coletada e enviada para identificação do possível agente do crime. A Figura 5 mostra o procedimento realizado.

Figura 5 – Mostra a utilização da técnica do pó químico para revelação de impressão digital em superfície lisa.



Fonte: Autor Próprio (2010)

O método do pó é mais indicado pra superfícies sólidas lisas, limpas e polidas, para que se possa aplicar, posteriormente, a fita adesiva. Materiais finos, como folhas plásticas e de papel, que podem sofrer ruptura de suas estruturas quando se aplica a fita não se enquadram no tipo de material em que se pode aplicar o pó. Para estes tipos de superfícies recomenda-se a utilização de outros métodos químicos (Azevedo e Aguiar Filho, 2016). A Figura 6 ilustra uma impressão digital coletada através da utilização do pó branco em uma superfície lisa.

Figura 6 – Impressão digital revelada após aplicação de pó branco em superfície lisa.



Fonte: Autor Próprio (2010)

Já em outros tipos de materiais, como papel ou plástico, a aplicação da substância química se dá por via gasosa ou solução líquida, neste tipo de aplicação os vapores do agente revelador reagem com as substâncias presentes na impressão digital, produzindo um contraste suficiente para sua visualização.

Nestes casos, a coleta da impressão digital dá-se por fotografia ou por digitalização da superfície, assim produzindo a "imortalização" da prova (Azevedo e Aguiar Filho, 2016).

Um exemplo de revelador por vaporização é a ninidrina, um composto orgânico que apresenta boa reatividade com coloração ao reagir com aminoácidos. Esta substância tem sido utilizada com frequência para revelar de compostos orgânicos, incluindo as impressões digitais (Azevedo e Aguiar Filho, 2016). A Figura 7 ilustra uma impressão digital revelada por ninidrina.

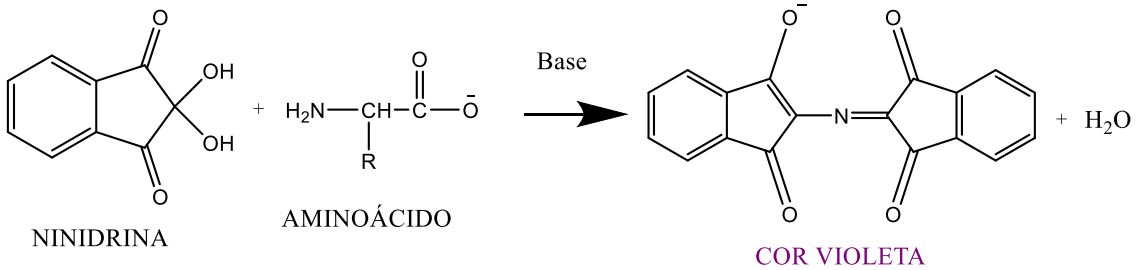
Figura 7 – Impressão digital revelada utilizando a ninidrina em papel.



Fonte: Educ. quím., 24(1), 49-56, 2013

A ninidrina é um revelador utilizado em muitos estudos relacionados a identificação de compostos orgânicos. O reagente, inicialmente incolor, ao entrar em contato com os aminoácidos, produz uma coloração rosada, sendo indicado para superfícies claras e porosas, como papéis, gesso, madeiras e documentos (Azevedo e Aguiar Filho, 2016). Além disso, a ninidrina é bastante utilizada na área de Química de Produtos Naturais na revelação de placas cromatográficas no estudo do isolamento de substâncias bioativas de plantas ou microrganismos (Pavia *et al*., 2009). A Figura 8 mostra a reação química ocorrida na revelação de compostos orgânicos utilizando a ninidrina como revelador.

Figura 8 – Reação química ocorrida quando a ninidrina reage com um aminoácido.



3.3 IDENTIFICAÇÃO DE DROGAS DE ABUSO

As drogas ilícitas, são um verdadeiro tormento para as autoridades constituídas, dada que há uma discussão sobre se tratar de um problema de saúde ou de segurança pública. Ainda persiste o entendimento, dado as leis vigentes no país, que se trata de um problema de segurança pública. Diante disso, é preciso identificar e provar que substâncias estão dentro do rol de drogas ilícitas. Nesse contexto, a Química Forense fornece métodos de identificação de tais drogas (Romão, 2011).

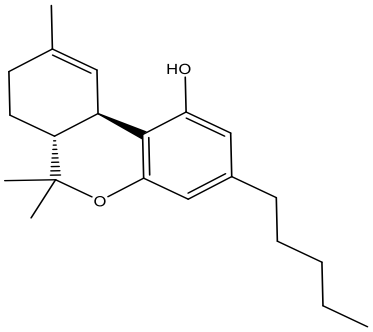
O termo *drogas* está ligado diretamente a qualquer substância química que não é produzida pelo organismo, que tem como característica a capacidade de agir sobre um ou mais sistemas, afetando diretamente o sistema nervoso central, podendo causar danos ao indivíduo visto que, altera, aumenta ou inibe as funções do organismo, sendo esse efeito temporário ou permanente (Romão, 2011).

Atualmente, os métodos de identificação de drogas ilícitas, principalmente a maconha e cocaína, passam por dois tipos de testes: o chamado provisório, que é de característica colorimétrica, e o definitivo, que utiliza a técnica de CG-EM. Em virtudes de questões de infraestrutura e financeira, o método mais utilizado nas investigações de cena de crime é o método colorimétrico, uma vez que os resultados são mais rápidos diante da necessidade de urgência dos resultados para acompanhar os detidos perante a uma audiência de custódia. Tais testes trazem as características de portabilidade e eficiência na determinação dos tipos de drogas ilícitas (Aiello e Peçanha, 2011).

O teste colorimétrico é uma técnica qualitativa comum e aplicada para definir a presença de certa substância em uma amostra. Devido os reagentes terem baixo custo, ser de fácil repetição e, por uma reação química simples, mostrar resultados que podem ser interpretados a olho nu, os métodos colorimétricos são utilizados amplamente na rotina de laboratórios de química analítica, por policiais nos processos de rotina laboratoriais, na investigação de substâncias ilícitas, principalmente maconha e cocaína (Aiello e Peçanha, 2011).

A maconha, que é um psicoativo, provoca alterações mentais, é produzida a partir da planta *Cannabis sativa*. A maconha contém cerca de 400 substâncias químicas, porém o responsável pelo psicoativo é o THC (Δ^9-Tetrahidrocanabinol), cuja estrutura química é apresentada na Figura 9. A maconha é usualmente fumada em forma de cigarros ou em cachimbos, porém pode ser misturada a comida ou até mesmo feito chá de suas folhas (Rodrigues e Carvalho, 2007).

Figura 9 – Estrutura Química do Δ^9-THC, produto psicoativo da maconha.



O teste de cor comumente utilizado para detecção da maconha é o teste Duquenois – Levine, que consiste em uma solução de 2,5 mL de acetaldeído (CH_3CHO) e 2,0 gramas de vanilina ($C_8H_8O_3$) em 100 mL de etanol (CH_3CH_2OH) 95%. Essa solução é adicionada à amostra que tenha a possível presença de maconha a ser testada, juntamente com o ácido clorídrico (HCl) fumegante pelas paredes do tubo de ensaio. Em casos positivos para a presença de maconha na amostra testada, ocorre a formação de um anel com uma coloração violeta, conforme mostra a Figura 10. Esta coloração observada deve-se ao mecanismo que se baseia na protonação da vanilina com a sucessiva reação com o THC, formando um complexo ressonante (Galindo, 2010).

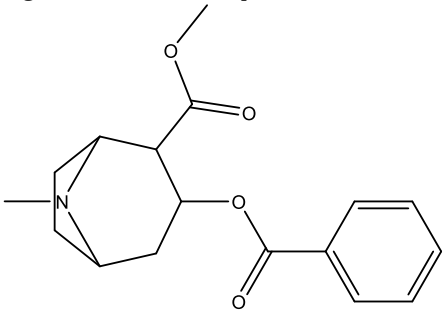
Figura 10 - Evidencia a cor púrpura identificando a presença do Δ^9-THC.



Fonte: Autor Próprio (2014)

Outra droga bastante testada em cenas criminais é a presença de cocaína. Derivada da coca (*Erythroxylum coca*), que é um arbusto nativo em alguns países andinos, principalmente Peru, Bolívia e Colômbia, a cocaína é um alcalóide encontrado nas folhas da planta e cuja estrutura química está representado na Figura 10 (Rodrigues e Paula, 2010).

Figura 10 – Estrutura química da cocaína.



A cocaína é um dos estimulantes de origem vegetal mais antigo, potente e perigoso já relatados na literatura. A utilização clínica da cocaína na Europa começou pelo psicanalista Sigmund Freud, que foi o primeiro a promover amplamente a cocaína como um tônico para curar a depressão e a impotência sexual. O teste de cor comumente utilizado para detecção da cocaína é o reagente de Scott original, composto por tiocianato de cobalto [Co $(SCN)_2$] a 2% e glicerina ($C_3H_8O_3$). Este reagente ao entrar em contato com a cocaína desenvolve uma coloração azul turquesa, originando um resultado positivo para a presença de cocaína em uma amostra, conforme mostra a Figura 11. Com finalidade de melhorar o teste de Scott, em 1986, Fasanello e Higgins mudaram o reagente, inserindo ácido clorídrico (HCl) em sua composição, proporcionando a reação tanto com a cocaína na forma de cloridrato como na forma de base livre, comumente conhecido por crack (Gomes, 2013).

Figura 11 – Reagente de Scott evidenciando a cor azul, identificando a presença da cocaína em uma amostra.



Fonte: Autor Próprio (2014)

Os testes colorimétricos, amplamente utilizado em procedimentos analíticos de cena de crime local, são de fundamental importância para o andamento das investigações por serem um método mais simples e rápido para materializar o objeto do crime e amparar o auto de prisão em flagrante delito. Porém, necessitam

ser reforçados pelo exame definitivo, através dos métodos mais avançados analíticos mais avançados, tais como o uso das técnicas analíticas hifenadas, como CG – EM, CLAE e LC – EM (Gomes, 2013).

A cromatografia proporciona várias vantagens em relação aos testes convencionais colorimétricos utilizados em análises de rotina, bem como possibilita a quantificação das amostras, evitando a possibilidades de resultados do tipo falso positivo, inerentes aos exames colorimétricos em possíveis contaminações da amostra, proporcionando assim, informações importantes na etapa de investigação policial. Entretanto, a infraestrutura disponibilizada para o trabalho das Polícias Civis no Brasil é bastante deficitária e inadequada. O uso de tais técnicas tornaria o trabalho mais confiável, entretanto as limitações orçamentárias impedem o investimento dos órgãos controladores de Segurança Pública, sejam eles federais, estaduais ou municipais, o que torna o trabalho dos profissionais da Polícia Civil limitado e, muitas vezes, inconclusivo e incrédulo para algumas investigações criminais mais complexas.

4 CONCLUSÃO

A utilização da Química Forense para a investigação de crimes é uma área de grande abrangência e importância no que tange a utilização de métodos científicos para solução de crimes, sendo fundamental para manutenção da justiça, para o combate a tortura nas investigações criminais e para valorização dos Direitos Humanos. A utilização de métodos e técnicas traz consigo o papel inibidor, importante no que tange a manutenção de uma sociedade livre de questões que ferem o direito de cidadãos reforçando a ideia de que não há crime sem solução.

Existe no Brasil uma necessidade de divulgação e ampliação de trabalhos científicos na área de Química Forense, visto que ainda é escasso o número de materiais consultáveis a respeito desse tema. A ampliação de pesquisas e infraestrutura analítica na área implica em um maior desenvolvimento de técnicas e métodos analíticos específicos para tratar de vestígios reportados como provas de um possível crime, facilitando o trabalho empregado por peritos e agentes de campo.

Dessa forma, compreende-se a importância da Química Forense, quanto a utilização pelo Instituto de Criminalística do Maranhão dos métodos de revelação de manchas de sangue, revelação de impressões digitais e identificação das drogas de abuso, para estabelecimento da dinâmica do crime e identificação dos autores.

REFERÊNCIAS

AIELLO, T. B.; PEÇANHA, M. P. **Análise toxicológica forense**: da ficção científica à realidade. Revista Eletrônica de Biologia (REB), São Paulo, v. 4, n. 3, p. 1-30, 2011.

ALMEIDA JUNIOR, H.T.; PAULA, L.H.M.; VALDEZ, R. F.C.C.; BARROS, G.G. **Análise de resíduo de incêndio usando a técnica de headspace passivo**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 33, 2010. Anais... Águas de Lindóia, São Paulo, 2010.

ANTEDOMENICO, E. FILHO, C. R. D. **A perícia criminal e a interdisciplinaridade no Ensino de Ciências Naturais**. Revista Química Nova Escola. 32(2): 67-72, 2010. Acesso em jun 2022.

AZEVEDO, J. F.; AGUIAR FILHO, A. M. **Peritos em papiloscopia e Identificação Humana**. Goiânia. 2016. Editora Espaço Acadêmico.

BLUESTAR FORENSIC. **The Chemistry of Bluestar Forensic**. 2010.Disponível em: http://www.bluestar-forensic/ . Acesso em jun 2022.

BRANCO, R. C. P. O. **Química Forense**. Escola Superior do Ministério Público de São Paulo (ESMP). Março, 2006. Disponível em: http://www.esmp.sp.gov.br/%20estagiarios/material_apoio/quimica_forense.pdf. Acesso em: jun 2022.

BRANCO, R. O. ALEIXOU, A. M. D. P.; FARIA, D. L. A. TOMA, H. E. SARKIS, J. E. S. SOUZA, L. W. C. BRANCO, M. O. SALVADOR, V. L. R. **Química Forense sob olhares eletrônicos**. Campinas-SP. Millenium Editora, 2005.

BRUNI, A.T.; VELHO, J.A.; OLIVEIRA, M.F. **Fundamentos de química forense** – uma análise prática da química que soluciona crimes. São Paulo: Millennium. 2012.

CARAPINHA, H.A.Q. **Implementação e validação de uma metodologia analítica forense para a detecção/identificação de explosivos orgânicos**. 2010. Dissertação (Mestrado) - Engenharia Química, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2010. Disponível em: http://repositorio.ipl.pt/bits-tream/10400.21/907/1/Explosivos . Acesso em: jun 2022.

CHEMELLO, E. **Ciência Forense**: Manchas de sangue. Química Virtual, janeiro de 2007. Disponível em: http://www.quimica.net/emiliano/%20artigos/2007jan_%20%20forense2.pdf . Acesso em mai 2022.

COSTA JUNIOR, P. J. **Crônicas de um criminalista**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2011.

CRQ IV, Conselho Regional De Química IV Região. **Química forense**. 2014. Disponível em: http://www.crq4.org.br/qv_forense . Acesso em: jun 2022.

FARIAS, R. F. de. **Introdução à Química Forense**. 3ªed. Campinas: Editora Átomo, 2010.

GALINDO. C. T. **Química Forense**: a aplicação da química no contexto da perícia criminal. 2010. 48 f. Monografia (Especialização) - Faculdade Câmara Cascuda, Natal/RN, 2010.

GOMES. S. M. **Contributo da química forense na detecção de drogas de abuso**. Dissertação apresentada para pretensão de obtenção ao grau de mestre em Química pela Universidade de Lisboa, 2013.

LE COUTEUR, P. BURRESON, J. ***Os botões de Napoleão****:* as 17 moléculas que mudaram a história. Trad. Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., **2006**. 343 p. ISBN: 978-85-7110924-7.

LIMA, A.S; SANTOS, L.G.P. **Química forense**, 2011. Disponível em:<http://unifia.edu.br/revista_eletronica/revistas/gestao_foco/artigos/ano2011/qui_forense.pdf> Acesso em: jun 2022.

LIMA, E. C. **Química Forense**. 2009. 33p. Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – Fundação Educacional do Município de Assis, Assis, 2009.

MARTINS, B. S. **Química Forense Experimental**. 1ª edição. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

MONFARDINI, C. T. J. **Práticas interdisciplinares na escola**. Rev. Ped. Unipinhal, 1, 3, p. 65-68, 2005.

OLIVEIRA, E. P. **Curso de Processo Penal**, Rio de Janeiro: Lumen Jures, 2011.

PAVIA, D.; LAMPMAN, G. M.; KRIZ, G. S.; ENGEL, R. G. **Química Orgânica Experimental** – Técnicas em escala pequena. Bookman, Segunda Edição, Porto Alegre-RS, 2009.

REIS, E.L.T; SARKIS, J.E.S.; RODRIGUES, C.; NETO, O. N. e VIEBIG, S. **Identificação de resíduos de disparos de armas de fogo por meio da técnica de espectrometria de massas de alta resolução com fonte de plasma indutivo.** Química Nova, v. 27, p. 409-413, 2004.

RODRIGUES, R. F.; CARVALHO, P. D. S. **Teste de Cromatografia de Camada Delgada (CCD) para Identificação de Maconha (Cannabis).** POP: STQFL – 004, 2007.

RODRIGUES, R. F.; PAULA, W. X.; **Teste de Cromatografia em Camada Delgada para Identificação da Cocaína**. POP: STQFL – 018, 2007.

ROMÃO, W.; SCHWAB, N. V.; BUENO, M. I. M. S.; SPARRAPAN, R.; EBERLIN, M. N.; MARTINY, A.; SABINO, B. D.; MALDANER, A. O. **Química forense: perspectivas sobre novos métodos analíticos aplicados à documentoscopia, balística e drogas de abuso**. Química Nova, 34(10), 1717-1728. 2011.

ROSA, M. F., SILVA, P. S., GALVAN, F. **Ciência forense no ensino de química por meio da experimentação**. Química Nova na Escola, v.0, n.0, 2014.

SOUZA, C.M. *Ciências forenses em sala de aula*. 2008. Disponível em: http://www.webartigos.com/artigos/ciencias-forenses--em-sala-de-aula/9772/. Acessado em: jun. 2022.

STENE, I. Using Luminol to Detect Blood in Soil Eight Years after Deposition. Journal of the Association for Crime Scene Reconstruction, EUA, v.19, n.1, p.1-4. 2013.

TEIXEIRA, M. R. As propriedades do jornalismo sensacionalista: uma análise da cobertura do caso Isabella Nardoni. 2011. Dissertação (Mestrado em Comunicação) – Faculdade de Comunicação Social, PUCRS, Porto Alegre, 2011. Disponível em https://repositorio.pucrs.br/dspace/handle/10923/2064 . Acesso em jun 2022.

TOCCHETTO, D. FIGINI, A. R. L. **Datiloscopia e revelação de impressões digitais**. Millenium Editora, 2012.

TOOBIN, J. **American crime story**: o povo contra OJ Simpson. Trad. Lucas Magdiel. Rio de Janeiro: DarkSide Books, 2016.

VALIATI, V. **Química a serviço da investigação**. Química hoje. Revista da Federação Nacional dos Profissionais da Química. Nº 09. Ago./Out, 2007.