



**FACULDADE DE EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE**

**CRISTIANE MARA OLIVEIRA CUNHA**

**QUÍMICA FORENSE : IMPORTÂNCIA NA CIÊNCIA DA  
INVESTIGAÇÃO E NA ELUCIDAÇÃO DE CRIMES**

ARIQUEMES-RO  
2012

**Cristiane Mara Oliveira Cunha**

**QUÍMICA FORENSE : IMPORTÂNCIA NA CIÊNCIA DA  
INVESTIGAÇÃO E NA ELUCIDAÇÃO DE CRIMES**

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Licenciatura em Química, da Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA, como requisito parcial à obtenção de grau de Licenciada em Química.

Profa. Orientadora: Ms. Filomena Maria Minetto Brondani

Ariquemes-RO  
2012

**Cristiane Mara Oliveira Cunha**

## **QUÍMICA FORENSE : IMPORTÂNCIA NA CIÊNCIA DA INVESTIGAÇÃO E NA ELUCIDAÇÃO DE CRIMES**

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Licenciatura em Química, da Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA, como requisito parcial à obtenção de grau de Licenciada em Química.

### **COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Profa. Ms. Orientadora Filomena Maria Brondani  
Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA

---

Profa. Ms. Nathália Vieira Barbosa  
Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA

---

Prof. Ms. Renato André Zan  
Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA

Ariquemes ,19 de Junho de 2012.

Dedico todo esforço que tive nesta caminhada, passando por tristezas, alegrias, solidão, derrotas e principalmente vitórias; ao meu amado pai (*in memoriam*) Wilson Antonio de Oliveira, que mesmo distante sempre esteve ao meu lado.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pelo dom da vida, que me presenteou com a liberdade e me abençoou com a inteligência.

Aos meus familiares que estiveram ao meu lado nesta caminhada nos momentos em que mais precisei.

À minha inesquecível coordenadora pela disposição e preocupação que nos motivou a jamais desistir e continuar sempre.

A todos os professores da Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA que me proporcionaram aprender a aprender continuamente.

À minha sábia orientadora Filomena Maria Minetto Brondani pelas palavras mansas que me fez acreditar.

*“Provar é bem o meio pelo qual a inteligência chega à descoberta da verdade”.*

*Francisco Augusto das Neves e Castro*

## RESUMO

A Química Forense vem se expandindo diante da criminalidade que ao longo dos anos tem evidenciado de forma requintada, tornando-se cada vez mais necessária a utilização da mesma, necessitando-se assim de procedimentos complexos de atuação. Por se utilizar das mais variadas técnicas disponíveis, a Química Forense exige uma incessante atualização no tocante á evolução dos métodos químicos e físicos de análise; tendo em vista que é preciso tal conhecimento a fim de avaliar qual técnica será mais produtiva na abordagem de um problema prático específico. Justifica-se a importância deste segmento da Química sendo o mesmo um meio seguro e eficaz na elucidação dos crimes de diversas naturezas com o uso de técnicas de diferentes leituras destinadas a este fim. Este trabalho descreve a evolução histórica da Química Forense, tendo como foco divulgar a importância da Química na ciência da investigação e elucidação de crimes; utilizando-se como método a pesquisa bibliográfica, através de livros e revistas eletrônicas que abordam o assunto na língua portuguesa e língua inglesa. É importante ressaltarmos que a Química Forense não está apenas vinculada a ocorrências policiais, uma vez que a aplicação dos conhecimentos da química, para subsidiar decisões de natureza judicial ocorre em outras esferas, tais como questões trabalhistas, questões relativas ao meio ambiente, dentre outras.

**Palavras-chave:** Ciência Forense, Química Forense, Investigação de Crimes, Perícia Criminal.

## ABSTRACT

As we are evidencing a more and more refined crime there is a need for more complex proceedings and the importance of Forensic Chemistry is expanding. Forensic Chemistry uses a variety of techniques and needs thus constant updating of chemical and physical methods of analyses. A good knowledge is needed in order to assess which technique to use in a specific practical problem. This segment of chemistry is a secure and effective way of solving different kinds of crimes using different techniques in order to obtain the results. This work describes the historical evolution of Forensic Chemistry and its aim is to emphasize the importance of Chemistry in the science of investigation and solving crimes. The method used was a bibliographical research using books and electronic magazines that tackle the issue in Portuguese and in English. It is important to point out that Forensic Chemistry is not connected only to police incidents since the knowledge of chemistry can also be applied in judicial decisions in other areas such as workers' issues and environment related issues among others.

**Keywords:** Forensic Science, Forensic Chemistry, Investigation of Crimes and Criminal Expertise.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Reação do luminol com peróxido de hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) emitindo fóton ....	22
Figura 2 - Ambiente sem e com luminol (esquerda) e as marcas de um calçado real- çadas pela quimioluminescência.....	23
Figura 3 - Fórmula estrutural da cocaína .....	24
Figura 4 - Tipos de impressões digitais.....	26
Figura 5 - Procedimento de reconhecimento da balística forense.....	27
Figura 6 - Composição interna de um cartucho.....	28
Figura 7 - Nuvem de fumaça criada durante a descarga de uma arma de fogo .....	29
Figura 8 - Partículas sólidas detectadas por análises químicas. ....	29
Figura 9 - Reação da análise química do chumbo .....	30

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FAEMA	Faculdade de Educação e Meio Ambiente
FBI	Federal Bureau of Investigation
CSI	Crime Scene Investigation
SciELO	Scientific Eletronic Library Online
CLAE	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência
IUPAC	Internation Union of Pure and Applied Chemistry
GRS	Gun Shot Residues

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>13</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>14</b>
<b>4 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>15</b>
4.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA QUÍMICA.....	15
4.2 CIÊNCIA FORENSE .....	16
4.3 QUÍMICA FORENSE.....	17
<b>4.3.1 Atuação do Profissional Forense</b> .....	<b>19</b>
4.4 APLICAÇÃO DA QUÍMICA NA ANÁLISE DE INVESTIGAÇÃO.....	20
<b>4.4.1 Quimioluminescência</b> .....	<b>21</b>
<b>4.4.2 Cromatografia na Identificação de Drogas de Abuso</b> .....	<b>23</b>
<b>4.4.3 Papiloscopia</b> .....	<b>25</b>
4.4.3.1 Técnica do Pó Para Identificação de Digitais .....	26
<b>4.4.4 Balística Forense</b> .....	<b>27</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>32</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>33</b>

## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a Química Forense tem se destacado como ferramenta indispensável na ciência da investigação e na elucidação de crimes.

A ciência Química Forense exerce um papel significativo durante os trabalhos de perícias criminais, procedimentos que envolvem diversos ensaios químicos e físicos são realizados para identificar os vestígios encontrados nas cenas dos crimes. Como o próprio nome indica a Química Forense é o ramo da química que se ocupa da investigação Forense no campo da química especializada a fim de atender aspectos de interesse judiciário; é a utilização ou aplicação dos conhecimentos da ciência química aos problemas de natureza forense. Embora a Química Forense seja um tema muito importante e que desperte cada vez mais interesse perante a sociedade científica, a sua aplicação no campo da criminalística ainda constitui uma nova linha de pesquisa no Brasil (ROMÃO et al., 2011).

Em meados da década de 1990, iniciou-se através de canais de televisão a cabo a exibição de programas de cunho pericial, como: *Medical Detectives e Arquivos do FBI (Federal Bureau of Investigation)*, os quais despertaram grande interesse dos telespectadores. Essa tendência expandiu-se para outras emissoras que passaram a editar seriados envolvendo a temática que se proliferou rapidamente como *CSI (Crime Scene Investigation)*, *Crossing Jordan* entre outros. Em se tratar de reportagem, um caso recente de grande repercussão foi o homicídio da menina Isabela Nardoni, cujo pai e madrasta supostamente teriam matado a criança por asfixia e a atirado do sexto andar de um prédio no município de São Paulo. Jornais e revistas noticiaram que a perícia determinou a velocidade com que o corpo de Isabela atingiu o solo (72 Km/h) e tal valor foi calculado mediante a mera aplicação da equação de Torricelli ou por meio do Princípio da Conservação da Energia (FILHO; ANTEDOMENICO, 2010).

A partir do exposto, justifica-se a importância da Química no campo da ciência forense como ferramenta indispensável na investigação e elucidação de crimes.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Discorrer sobre a Química Forense apresentando-a como ferramenta indispensável na ciência da investigação e na elucidação de crimes.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever a evolução histórica da Química Forense;
- Fazer conhecer a atuação do Químico Forense no processo de investigação e elucidação de crimes;
- Apresentar técnicas utilizadas através da Química Forense para elucidação de crimes;
- Divulgar o conteúdo pesquisado em periódicos e eventos científicos.

### 3 METODOLOGIA

O método utilizado como pesquisa para formulação do presente trabalho foi a revisão bibliográfica, através de leitura prévia e interesse na área despertada durante uma palestra assistida sobre Química Forense .

O levantamento do material se deu através de uma abordagem bibliográfica e a sua busca foi realizada utilizando-se *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), revistas eletrônicas, além de livros que abordam o assunto na língua portuguesa e língua inglesa. A pesquisa limitou-se em documentos correspondentes ao período de 1981 a 2011. A análise dos dados encontrados em literatura realizou-se através da seleção do material pertinente, onde os mesmos foram utilizados para estruturação do trabalho.

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA QUÍMICA

A química tem como finalidade estudar a natureza, as propriedades, a composição e as transformações da matéria. Vale salientar que a mesma interage de forma interdisciplinar com outras ciências (RUSSELL, 1994).

Considera-se que a química estuda a natureza dos corpos e suas transformações, como a decomposição da matéria e a recomposição de forma ordenada, a partir de interações com determinadas substâncias capazes de reagirem entre si (FIGUEIRAS, 1985)

A descoberta do fogo teve grande influência na história da matéria, o atrito entre pedaços de madeira forneceu elementos básicos para o desenvolvimento cultural de nossos antepassados (PIMENTEL et al., 2006). Deve ter sido muito surpreendente constatar que sob “sua” ação, as madeiras sólidas se transformavam em cinzas quebradiças, e as rochas do solo chegavam a fundir, tomando aparência de vidro ao esfriar. É surpreendente o fato de que muitos foram os benefícios, como: aquecimento, cozimento de alimentos, entre outros, decorrentes das transformações químicas, isto é, das alterações da estrutura da matéria provocadas pelo calor (VANIN, 2005).

O homem vem acumulando conhecimentos na área de química desde os prelúdios da história. Há milhares de anos antes de Cristo já subsistiam práticas que podem ser chamadas de “artes química” (VANIN, 2005, p. 11). No início da era Cristã o homem já dominava as técnicas de cunhagem de moedas, metalurgia, fabricação de algumas armas e objetos metálicos rudimentares, além de tintas utilizadas na expressão de objetos e animais nas cavernas, demonstram este fato (PIMENTEL et al., 2006).

Os primeiros químicos reconhecíveis foram mulheres, tendo como exemplo as fabricantes de perfumes da Babilônia, as quais usaram alambiques para preparar seus produtos (STRATHERN, 2002).

Aproximadamente a 6000 a.C., deu-se o início das operações metalúrgicas, correspondendo a denominada Idade do Cobre, que se estendeu até 4000 a.C, período caracterizado pelo conhecimento do ouro e do cobre nativos e das técnicas

de fundição, seguido pela chamada Idade do Bronze, no período de 3000 a 2000 a.C (VANIN, 2005).

Além da metalurgia a alquimia era uma prática comum na Idade Antiga, cujo surgimento se deu pela fusão de conhecimentos práticos e místicos, particularmente pelas considerações da filosofia grega, tendo em Aristóteles a figura peculiar para a origem dessa nova atividade (CHAIB, 1981).

A alquimia é a arte de trabalhar e aperfeiçoar os corpos com a ajuda da natureza, originando teorias que explicam a constituição da matéria desde a formação de substâncias inanimadas até a formação de substâncias vivas, ela se desenvolveu em paralelo á metalurgia e á prática médica com a utilização de substâncias químicas para a cura das doenças (BARBOSA et al., 2003).

Os alquimistas foram os precursores da química e da medicina, buscavam uma forma de manipular os elementos a fim de transformar metais em ouro e obter o elixir da longa vida. A contribuição para a química foi imprescindível, pois, apesar de nunca terem alcançado essas transformações, foi através desses experimentos que descobriram diversos compostos químicos inclusive de aplicação médica (CAMPOS et al., 2009).

## 4.2 CIÊNCIA FORENSE

A ciência forense é considerada uma ciência multidisciplinar pelo fato da mesma utilizar, de forma paralela, diversas técnicas envolvendo outras ciências. A análise de vestígios é destacada pela diversidade de seus domínios de aplicação no meio judicial, de que resultam diferentes usos e representações na mobilização da prova pericial da parte dos atores judiciais (NUNES; MACHADO, 2004 apud BERRIEL et al., 2011).

A criminalística atual teve seu início quando Hans Gross, no final do século XIX, propôs que os métodos da ciência moderna fossem utilizados para desvendar crimes. Hoje, reconhece-se que a ciência criminalística é a aplicação dos conhecimentos e tecnologias envolvendo os mais variados campos do saber com a finalidade de reconhecer e interpretar indícios materiais relacionados ao crime ou à identidade do criminoso. Essa ciência está dividida em várias áreas, entre elas: balística forense, documentoscopia, genética forense, química forense,



fonoaudiologia forense, entomologia forense, merceologia, informática forense e perícia contábil. O termo criminalística é oriundo da escola alemã, sendo utilizado por toda a Europa, nas palavras “Kriminalistik” e “Criminalistique”, atualmente denominada ciência forense (GARRIDO, 2010).

Conforme Fachone e Velho (2009) a ciência forense engloba diversos componentes, dos quais, a justiça e a ciência se destacam como partes importantes. Pascal se referia ao complexo todo-parte, dizendo: “só posso compreender um todo se conheço, especificamente, as partes, mas só posso compreender as partes se conhecer o todo”, denotando a importância da visão do todo ao estudar uma de suas partes e vice-versa, numa dinâmica de reciprocidade.

A importância da aplicação da ciência forense na elucidação de crimes não se dá apenas em função da concretização da prova, da comprovação da autoria ou da identificação do significado. No entanto é importante para a sociedade, é factível para a comprovação ou não da inocência. Valorizar a ciência forense é uma ação que focaliza benefícios á sociedade, dispondo da ciência e tecnologia não apenas ao sistema de segurança pública ou justiça criminal, mas, também, a serviço dos direitos humanos (FACHONE ; VELHO, 2009).

#### 4.3 QUÍMICA FORENSE

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). A mesma pode ser definida como a parte da ciência que aplica os conhecimentos da química e áreas afins para resolver problemas de natureza forense utilizando-se de métodos analíticos (VALIATI, 2007).

Uma vez que as atividades em Química Forense caracterizam-se principalmente pela realização de análises, alguns autores, como Suzanne Bell (BELL, 2006) define química forense como química analítica aplicada. Outros, como Farias (2010), define Química Forense como a aplicação dos conhecimentos da ciência química à atividade forense, com especial ênfase á interdisciplinaridade (FARIAS, 2010).

A análise química para verificação do uso de drogas de abuso vem sendo utilizada por diversos segmentos da sociedade e aplicada para verificar o uso de drogas no ambiente de trabalho, esporte e acompanhamento de recuperação de usuários em clínicas de tratamento e com finalidade forense. Dentro das ciências forenses, a Química Forense tem por ofício realizar exames laboratoriais em vários tipos de amostras orgânicas e inorgânicas para fins periciais, a pedido de autoridades policiais, judiciárias e ou militares (FASSINA et al., 2007).

A análise de drogas de abuso é uma das áreas que desperta grande interesse da comunidade científica no que tange à Química Forense. O combate ao narcotráfico e o aumento de dependentes químicos são grandes desafios que a humanidade enfrenta diariamente. A Química Forense, além de identificar os principais componentes que constituem uma amostra de droga e caracterizá-la como ilícita, pode ser utilizada na identificação de compostos químicos remanescentes do processo de refino ou fabricação, fornecendo perfis químicos e elementos que correlacionam amostras de diferentes apreensões, identificando rotas e origens geográficas de produção (ROMÃO et al., 2011).

A descoberta da ninidrina por Siegfried Ruhemann, em 1910, foi fundamental para identificação de impressões digitais, uma vez que a mesma reage com polipeptídeos, proteínas e alfa-aminoácidos formando compostos coloridos. Porém, seu uso se propagou após trabalho de Oden e Von Hoffsten na década de 50, os quais atribuíram o uso de ninidrina como reagente para revelação de impressões digitais por reagir com os aminoácidos secretados pelas glândulas sudoríparas, técnica patenteada em 1955 (FARIAS, 2010).

Outro fato importante a ser enfatizado na Química Forense surgiu em 1960 com a hipótese de que Napoleão teria morrido envenenado. Análises constataram a existência de uma quantidade anormal de arsênio em um fio de cabelo do mesmo. Vale salientar que o arsênio não é tóxico na sua forma elementar, mas, o óxido de arsênio ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ), sim. Cogitou-se outra possibilidade de que o envenenamento por arsênio 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 ( $\text{CuHAsO}_4$ ). A umidade teria provocado a formação de mofo no papel de parede e os microorganismos converteram a substância em trimetil arsênio ( $\text{CH}_3$ )<sub>3</sub>As, altamente volátil, e essa teria sido facilmente inalada por Napoleão em grande quantidade (VALIATI, 2007).

As reações químicas constituem importantes ferramentas a serem utilizadas no campo das ciências forenses e conseqüentemente, na elucidação de crimes. Vale salientar que para a determinação da natureza de uma substância, ou a necessidade de detecção de traços de determinadas substâncias químicas de interesse forense, torna-se imprescindível a utilização de métodos químicos de análise (OLIVEIRA, 2006).

#### **4.3.1 Atuação do Profissional Forense**

O profissional forense é uma pessoa qualificada em assuntos específicos da área, o qual é responsável pela tarefa de esclarecer um fato de interesse da justiça. O mesmo tem o compromisso com a investigação policial e sua atuação social é fundamental para que se possa considerá-lo um verdadeiro profissional do ponto de vista ético (FILHO; FILHO, 2010).

A perícia criminal é realizada por profissionais forense, sendo essa uma diligência prevista pela legislação brasileira a ser realizada em casos delituosos que deixam vestígios, cuja a finalidade é de estabelecer por meio de provas a veracidade ou não de situações ou fatos de interesse da justiça. A perícia é de especial importância devido ao seu caráter científico, impessoal e objetivo (FILHO; FILHO, 2010).

Farias (2010) afirma que o perito forense deve conhecer química e suas subáreas, o mesmo deverá estar seguro ao decidir se as análises feitas serão suficientes para obter um resultado eficiente, ou seja, é o químico que determina o que vai ser analisado e de que maneira o fará. Sendo assim o químico forense pode atuar em perícias policiais, perícia trabalhista, perícias industriais (alimentos, medicamentos), perícias ambientais e doping esportivo (VALIATI, 2007).

O código de processo penal – Decreto Lei 3689/41, no seu artigo 159, estabelece que os exames de corpo de delito e as outras perícias serão feitas por dois peritos oficiais. Cabe ao perito a identificação, coleta e ou análise dos vestígios presentes em local de crime, sendo, portanto, de fundamental importância sua atuação, visto que, com freqüência, a presença ou ausência de uma determinada prova material pode ser a diferença entre resolver ou não um caso, prender ou não um criminoso (FARIAS, 2010).

É função do perito criminal verificar se o local está preservado e isolado, no caso de haver alterações, ele as registram. A preservação do local é um fator primordial para o sucesso do trabalho pericial. Dando início aos trabalhos, o perito faz uma vistoria preliminar, elabora o seu plano de ação e faz anotações, busca os vestígios (impressões digitais, sangue, fios de cabelo, objetos, rachaduras, cadáveres, rompimento de obstáculos, etc.) conforme o evento e os fotografa. Em relação aos mesmos, são submetidos a exames complementares (DNA, residuográfico, papiloscópicos, microcomparação balística, arquivos digitais, toxicológicos, entre outros, os quais são realizados em laboratórios especializados na área (RODRIGUES; SILVA; TRUZZI, 2010).

Os vestígios encontrados na cena do crime (peças, instrumentos de crime, substâncias químicas, etc.) serão analisados e interpretados pelo perito e registrados de forma descritiva em um relatório cuja denominação é laudo técnico-pericial (OLIVEIRA, 2006).

O laudo registra detalhes da cena do crime, analisa e interpreta as evidências e a dinâmica dos fatos e finaliza com a conclusão dos fatos. O mesmo contém fotografias e croquis para ilustrar o local e as evidências que possibilitam as conclusões. Os peritos também estão sujeitos a responder a quesitos escritos ou serem intimados a comparecer pessoalmente perante o tribunal para prestar esclarecimentos sobre o laudo pericial (RODRIGUES; SILVA; TRUZZI, 2010).

O químico exerce sua função sob uma perspectiva forense além de buscar a quantificação do material a ser analisado no laboratório, deve também qualificar as condições da amostra coletada, a forma de armazenamento e em que condições chegou ao laboratório, daí a importância do próprio químico responsável pela análise ir ao local do crime para fazer a coleta dos materiais forenses (LIMA et al, 2007).

#### 4.4 APLICAÇÃO DA QUÍMICA NA ANÁLISE DE INVESTIGAÇÃO

Uma das preocupações da sociedade atual refere-se ao aumento da violência e do crime organizado. Para tanto, faz-se necessária a utilização de metodologias eficientes para identificação de suspeitos em ocorrências criminais. Os métodos para caracterizar tais indícios envolvem diferentes áreas do conhecimento, tais como química, biologia, física, toxicologia, informática, balística, odontologia e medicina

legal. Dentre essas diversas áreas, a química desempenha um papel importante na ciência forense, destacando a química analítica e a análise físico-química. Um exemplo é a utilização de reativos químicos para identificação de traços de resíduos de tiros, explosões, incêndios, fibras, solos, entre outros (REIS et al., 2004).

Na área forense, as análises toxicológicas são empregadas para fins de levantamento de provas concretas realizadas com o objetivo de estabelecer relação entre agente químico (toxicante) e morte ou dano causado ao cidadão (BULCÃO et al., 2012).

#### **4.4.1 Quimioluminescência**

Os fenômenos envolvendo quimioluminescência já eram descritos desde a antiguidade, mas, durante muito tempo foram associados a mitos ou fantasmas. Em 1669, o médico H. Brandt, produziu fósforo a partir da destilação da uréia, o qual se oxida com a presença de  $O_2$  (gás oxigênio) do ar, produzindo quimioluminescência. Em 1887, Radiziszewski produziu o primeiro composto orgânico sintético, o 2,4,5-trifenilimidazol. Dois séculos após, ao observar resultados descritos sobre quimioluminescência, Wiedemann, em 1888, estabeleceu parâmetros que possibilitaram distinguir a quimioluminescência da incandescência, o mesmo definiu a quimioluminescência como "a emissão de luz que ocorre em processos químicos específicos". Contudo, a partir do reconhecimento da quimioluminescência, as reações envolvendo-a têm sido objeto de estudo para elucidação dos mecanismos no processo e também das espécies que afetam a quimioluminescência (FERREIRA; ROSSI, 2002).

Procedimentos analíticos com detecção por quimioluminescência possuem alta sensibilidade e ampla faixa de resposta linear (BORGES; FERNANDES; ROCHA, 2002).

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 (FERREIRA; ROSSI, 2002).

Ressaltando que a quimioluminescência é o resultado da quebra de ligações ricas em energia, tais como, peróxidos, hidroperóxidos ou 1,2-dioxetanos, já existente nas moléculas ou formadas a partir de rearranjos moleculares (intermediários) (SANTOS; SANTOS, 1993).

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 (LEITE; FILHO; ROCHA, 2004).

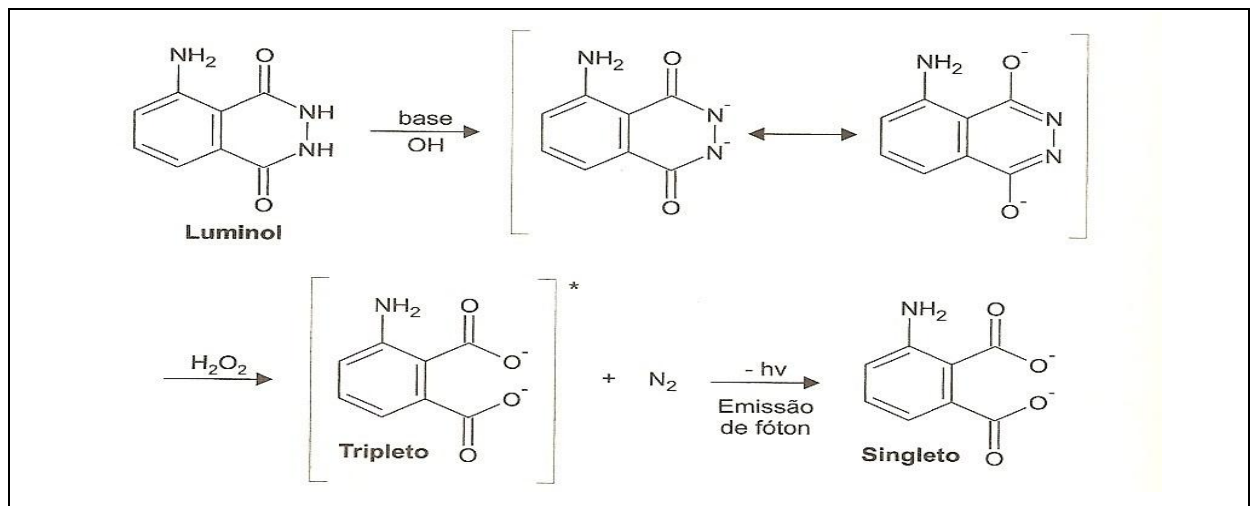


Figura 1 - Reação do luminol com peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) emitindo fóton

Fonte: FARIAS, 2010

O luminol é utilizado para comprovar a presença de sangue, mesmo não havendo evidências visíveis ou após ter sido lavado o ambiente em questão, figura 2. Esse procedimento é possível pelo fato de que o luminol reage com quantidade mínima de sangue, sua sensibilidade pode alcançar uma parte por bilhão (1/1.000.000.000), 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).

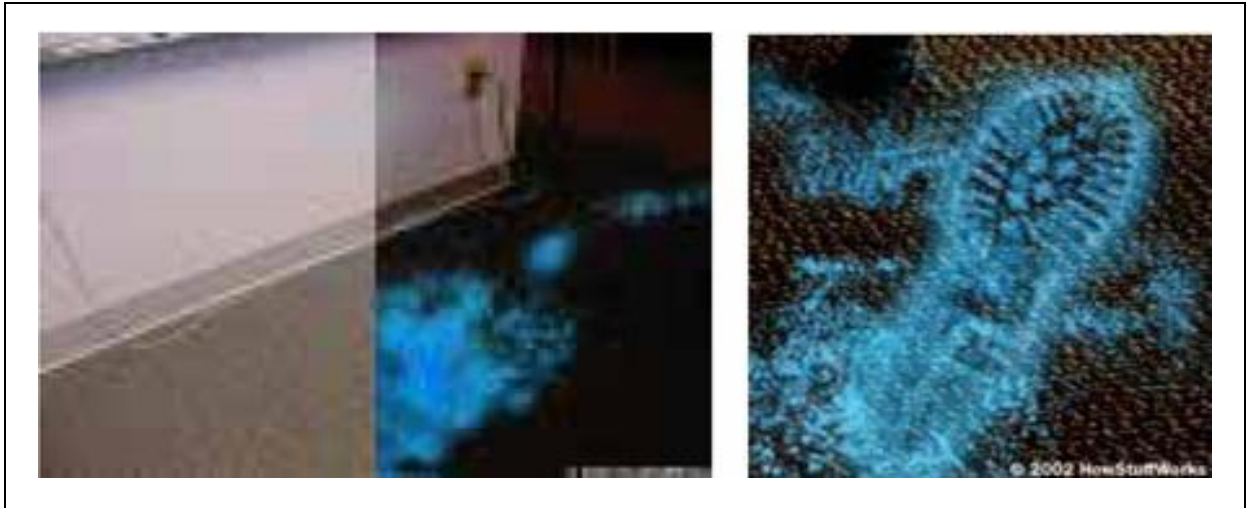


Figura 2 - Ambiente sem e com luminol (esquerda) e as marcas de um calçado realçadas pela quimioluminescência (direita)

Fonte: CHEMELLO, 2007

#### 4.4.2 Cromatografia na Identificação de Drogas de Abuso

As drogas de abuso são definidas como substâncias que alteram o humor, o nível de percepção ou o funcionamento do sistema nervoso central, podendo ser lícitas ou ilícitas desde medicamentos, álcool, até maconha, *crack*, solvente e outras drogas (BERNARDY; OLIVEIRA, 2010).

Dentre as citadas, a cocaína merece atenção; sendo a mesma um alcalóide extraído das folhas do arbusto *Erythroxylon coca*, sua forma purificada constitui um sólido branco cristalino, de odor aromático, sob a forma de um sal, o cloridrato de cocaína, que é solúvel em água e, portanto, pode ser aspirado ou dissolvido em água para uso endovenoso. Podemos observar a sua fórmula estrutural através da figura 3. Atualmente, uma nova forma de consumo da cocaína, trata-se de uma mistura da base livre da cocaína com bicarbonato de sódio, tornando a mistura alcalinizada, originando uma massa petrificada, geralmente de aspecto marron-amarelado, conhecido como *crack*, que é solúvel em água, mas que se volatiliza facilmente quando aquecido (OLIVEIRA et al., 2009).

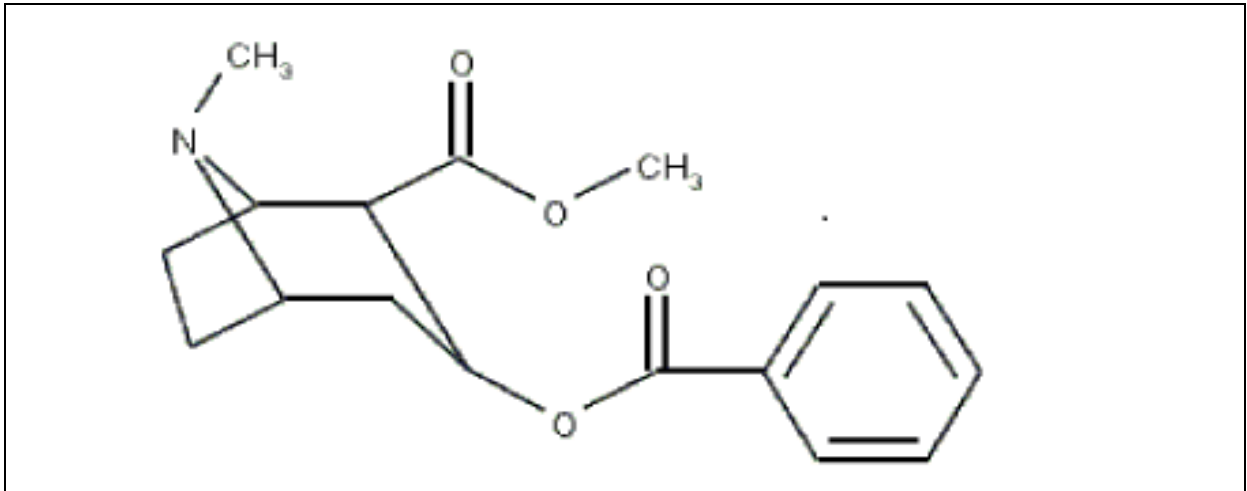


Figura 3 - Fórmula estrutural da cocaína

Fonte: OLIVEIRA, 2009

A cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) é uma ferramenta analítica importante. Laboratórios criminas e programas de televisão policiais e forenses, como CSI (*Crime Scene Investigation*), CSI Miami, Crossing Jordan e Law and Order, freqüentemente empregam a CLAE no processo de obtenção de evidências criminais (SKOOG, 2008).

Segundo a *Internation Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC), a cromatografia é uma técnica utilizada para separação dos componentes de uma amostra, que possuem duas fases, uma estacionária e a outra móvel. A fase estacionária pode ser um sólido, um líquido retido sobre um sólido ou um gel. A fase móvel pode ser líquida ou gasosa (CIENFUEGOS; VAITSMAN, 2000). A CLAE é bastante utilizada em fitoquímica tanto para isolamentos de produtos naturais como para o controle de pureza de compostos isolados (FERNANDES et al., 2009).

Segundo Oliveira et al., (2009), a cromatografia proporciona várias vantagens em relação aos testes convencionais colorimétricos utilizados em análises de rotina, bem como possibilita a quantificação das amostras, evitando as possibilidades de resultados do tipo falso positivo, inerentes aos exames colorimétricos, proporcionando assim, informações importantes na etapa de investigação policial. Como exemplo, pode-se obter a caracterização química das drogas apreendidas, com base na detecção tanto da droga quanto dos seus interferentes, podendo-se correlacionar as amostras apreendidas a determinados traficantes ou regiões do planeta.



#### 4.4.3 Papiloscopia

A identificação de uma pessoa pode ser feita por diversos métodos, sendo as impressões digitais (papiloscopia) o mais utilizado (SILVA et al., 2008). A papiloscopia é ciência que trata da identificação humana através das papilas dérmicas se baseia na perenidade, individualidade, variabilidade e imutabilidade das papilas dérmicas. Tratando-se de classificação esta ciência pode se dividida em: datiloscopia (identificação por meio das impressões digitais), quiroscopia (identificação por meio das impressões palmares) e podoscopia (identificação por meio das impressões plantares) (GARRIDO, 2009).

Desde 1892 as impressões digitais deixadas pelos dedos são utilizadas para a identificação pessoal e por ser uma característica individual é determinante no reconhecimento de uma pessoa. Nem mesmo gêmeos idênticos possuem impressões digitais iguais (BORÉM; FERRAZ; SANTOS, 2001).

As impressões digitais identificam cristas dermopapilares específicas para cada indivíduo, as quais não sofrem alterações ao longo da vida. Marcas deixadas nas superfícies devido aos resíduos (suor, gordura, aminoácidos e proteínas) presentes na pele dos dedos, ficam impressas na superfície e a morfologia das cristas e sulcos podendo ser visíveis ou invisíveis (latentes). Existem diversos métodos físicos, físico-químicos e químicos que permitem a revelação de impressões digitais latentes em diferentes superfícies, porém, para cada caso é importante avaliar a situação para escolher o método ou a combinação de métodos mais promissores e conseqüentemente aquele ou aqueles que permitirão obter melhores resultados (PEIXOTO; RAMOS, 2010).

A composição química do suor das mãos é constituída de 99% de água e 1% de materiais sólidos, entre os quais aminoácidos e outros compostos nitrogenados, ácidos graxos, ácido láctico, glicídios e lipídios, além de componentes inorgânicos tais como sódio, potássio e ferro. Sob os olhos da Química Forense, os compostos orgânicos têm um importante papel na revelação de uma determinada impressão digital, e conseqüentemente, na identificação do indivíduo (FARIAS, 2010).

Pelo método de classificação de Edward Henry, as impressões digitais podem ser de 3 tipos básicos: digitais em laços, em espirais e em arcos. Sendo que cada

tipo possui pontos característicos para classificação e identificação das impressões digitais, figura 4 (PEIXOTO; RAMOS, 2010).

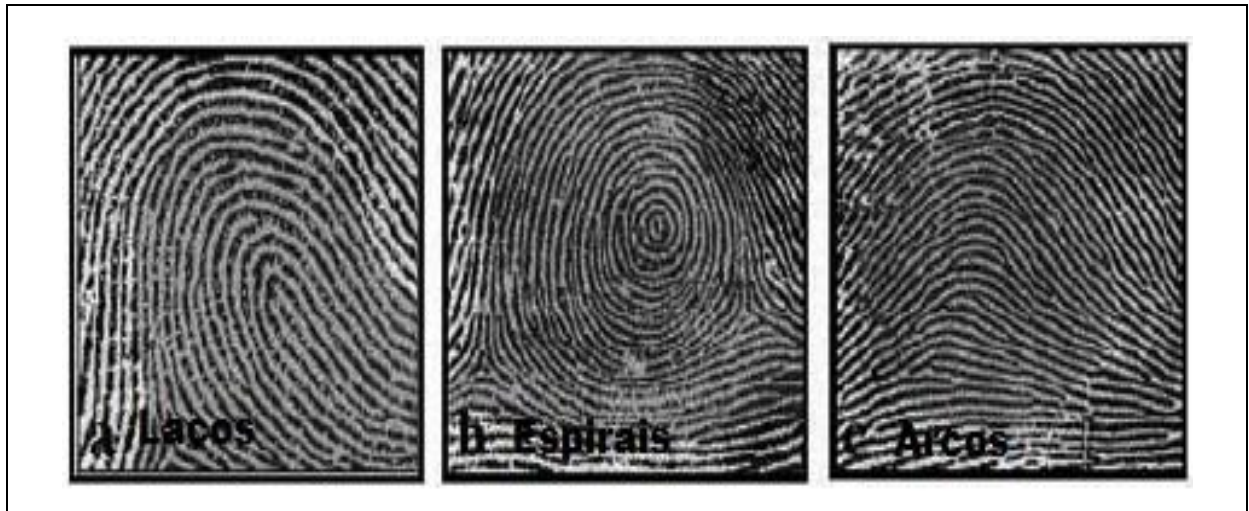


Figura 4 - Tipos de impressões digitais: a) Laços; b) Espirais; c) Arcos

Fonte: PEIXOTO, 2010

#### 4.4.3.1 Técnica do Pó Para Identificação de Digitais

A técnica do pó é utilizada para reconhecimento de digitais desde o início do século XX (PEIXOTO; RAMOS, 2010).

Para a realização dos testes é utilizado sobre a superfície que suspeita apresentar vestígios de digitais uma camada fina de pó composto por óxido de ferro, dióxido de manganês, titânio em pó, carbonato de chumbo, pó fluorescente, pós metálicos, pós magnéticos. Nesta técnica a água é responsável pela aderência do pó ao material a ser analisado e as forças intermoleculares como ligação de hidrogênio e forças de Van der Waals, são responsáveis pela aderência do pó à superfície. A água é um fator importante nesse processo, levando em consideração que a porcentagem de água no local pode diminuir com o passar dos dias, é importante que os testes sejam realizados o mais cedo possível. Essa técnica caracteriza-se por ser de baixo custo e de simples aplicação, no entanto, é importante analisar os aspectos que podem interferir na mesma a partir da interação com os componentes do pó (FARIAS, 2010).

A eficácia deste método está atrelada a natureza química e física do pó, do tipo de aplicação e da perícia do operador (PEIXOTO; RAMOS, 2010).

#### 4.4.4 Balística Forense

Análises da área de balística também têm-se favorecido pelo progresso da química (ROMÃO et al., 2011).

A balística forense é a subdivisão da perícia criminal a qual estuda o tipo de arma, o projétil disparado com a impressão das ranhuras do cano e a trajetória do projétil na cena do crime, figura 5 (OLIVEIRA et al., 2009).

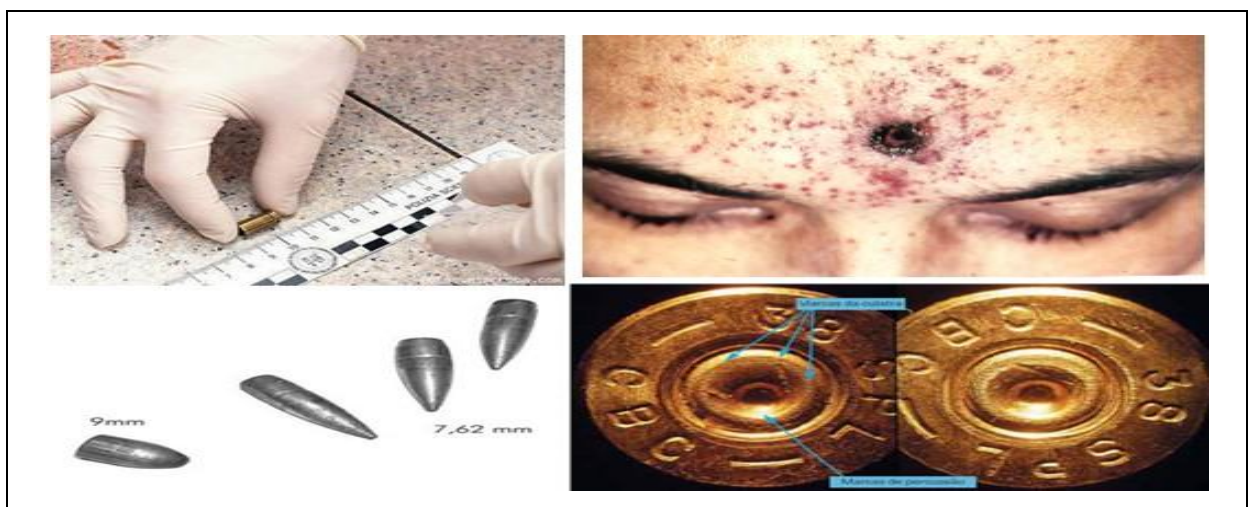


Figura 5 - Procedimentos de reconhecimento da Balística Forense

Fonte: CHEMELLO, 2007

A munição é a principal prova material estudada dentro da balística, ela é composta pelo projétil, estojo, carga de projeção e carga de inflamação ou de espoletamento, ilustrada conforme a figura 6. Na balística forense, a prática mais comum utilizada é a identificação do atirador por meio dos resíduos de tiro ou GRS (*gun shot residues*). A carga de inflamação, também chamada de mistura iniciadora (*primer*), é responsável por acionar a combustão da pólvora (carga de projeção) localizada no estojo e pela expulsão do projétil pelo cano da arma (ROMÃO, et al., 2011).

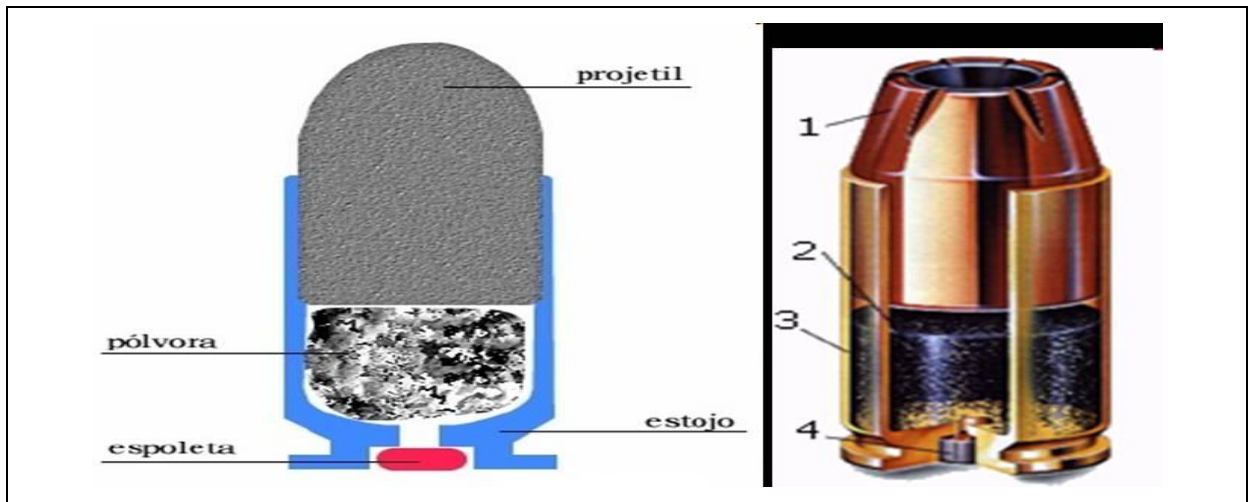


Figura 6 - Composição interna de um cartucho: 1) projétil; 2) pólvora; 3) estojo; 4) espoleta

Fonte: CHEMELLO, 2007.

A proporção e os elementos presentes na mistura iniciadora variam de acordo com o tipo de espoleta e de munição. Usualmente a espoleta é constituída por um composto explosivo (estífnato de chumbo), um oxidante (nitrato de bário, dióxido de chumbo ou nitrato de chumbo), um combustível (trissulfeto de antimônio ou siliceto de cálcio), sensibilizantes (treinitrolueno, tetraceno) e aglutinantes (goma-arabica, resinas celofane e goma-laca). Os elementos Pb (chumbo), Sb (estroncio) e Ba (bário) são os principais marcadores químicos presentes nos resíduos inorgânicos produzidos por disparos de armas de fogo (ROMAO et al., 2011).

No instante do disparo são expelidos, além do projétil, diversos resíduos sólidos (oriundos do projétil e da mistura iniciadora e da pólvora) e produtos gasosos como monóxido e dióxido de carbono, vapor d'água, óxido de nitrogênio e outros. Uma parte desses resíduos sólidos vai permanecer dentro do cano, ao redor do tambor e da câmara de percussão da própria arma, porém outra porção é projetada para fora, figura 7. Sendo assim, os resíduos deixados pelo disparo possibilita obter dados através de análise química das partículas encontradas no meio externo (REIS et al., 2004).

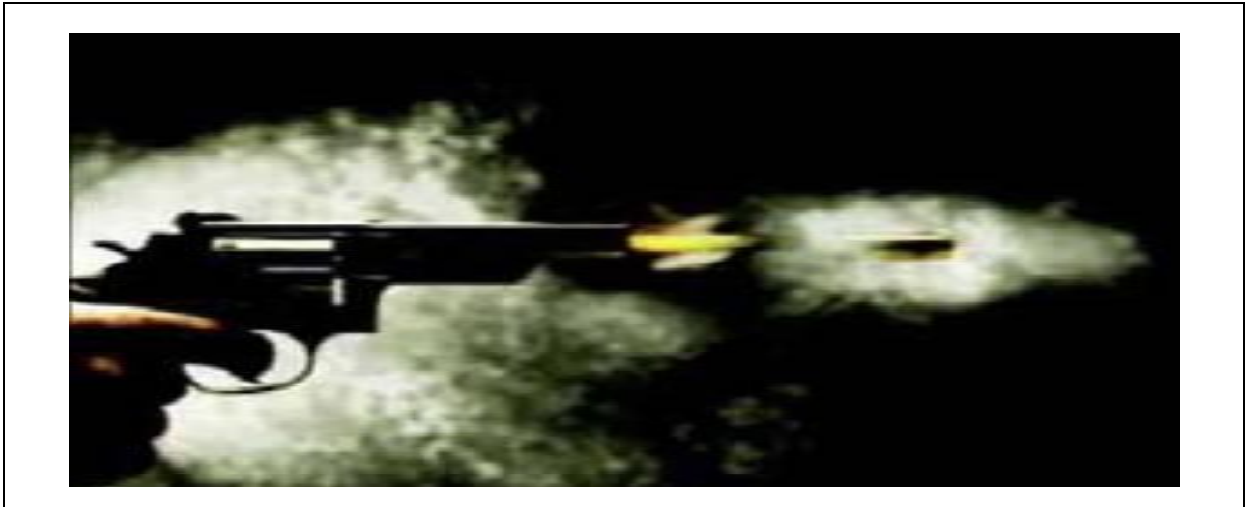


Figura 7 - Nuvem de fumaça criada durante a descarga de uma arma de fogo

Fonte: CHEMELLO, 2007

Os gases liberados na combustão ( $\text{CO}_2$ ) dióxido de carbono e ( $\text{SO}_2$ ) dióxido de enxofre, bem como os compostos inorgânicos, tais como nitrito, nitrato, cátions de metais como chumbo e antimônio e particulados metálicos oriundos do atrito e da subsequente fragmentação dos projeteis metálicos disparados serão eliminados pela região traseira da arma os quais atingem a superfície da mão do atirador, tais partículas sólidas aderem á superfície da pele, podendo assim ser detectadas por análises químicas, figura 8 (OLIVEIRA, 2006).

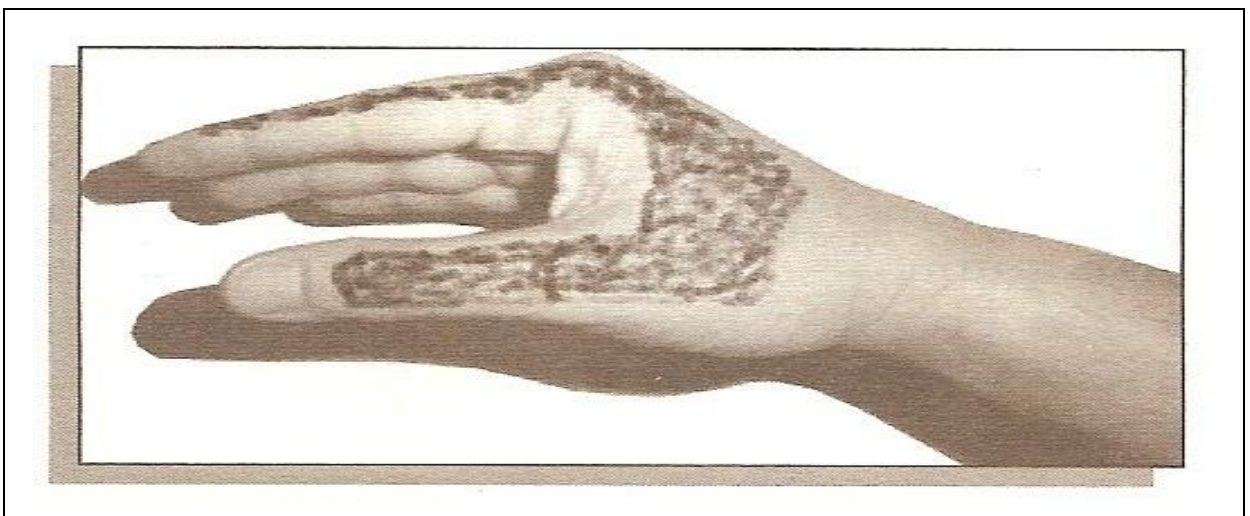


Figura 8 - Partículas sólidas detectadas por análises químicas.

Fonte: FARIAS, 2010.

Uma análise bastante utilizada para identificação de vestígios de disparo de arma de fogo nas mãos de um provável suspeito baseia-se na pesquisa de íons ou fragmentos metálicos de chumbo, em decorrência da quantidade desta espécie metálica em relação a outras, esta análise de pesquisa é conhecida como teste residuográfico (OLIVEIRA, 2006).

A residuografia ocupa um papel de destaque na Química Forense, a qual se alicerça na análise da gênese e da dinâmica do somatório de partículas não metálicas e metálicas expelidas simultaneamente com o projétil, tanto pela culatra como pela boca do cano das armas de fogo. Bem como estuda os processos físicos e químicos destas partículas arremessadas na expansão dos gases oriundos da combustão dos explosivos da unidade de munição (FARIAS, 2010).

Em relação a análise química do chumbo, a mesma consiste na coleta prévia de amostra das mãos do suspeito mediante aplicação de tiras de fita adesiva do tipo esparadrapo nas mesmas e subsequente imobilização dessas tiras em superfície de papel de filtro. As tiras ao serem borrificadas com solução acidificada de rodizonato de sódio, caso apresentarem um espelhamento de pontos de coloração avermelhada indicam resultado positivo do disparo. A reação química envolvida no processo consiste na complexação de íons chumbo pelos íons rodizonato, figura 9 (OLIVEIRA, 2006).

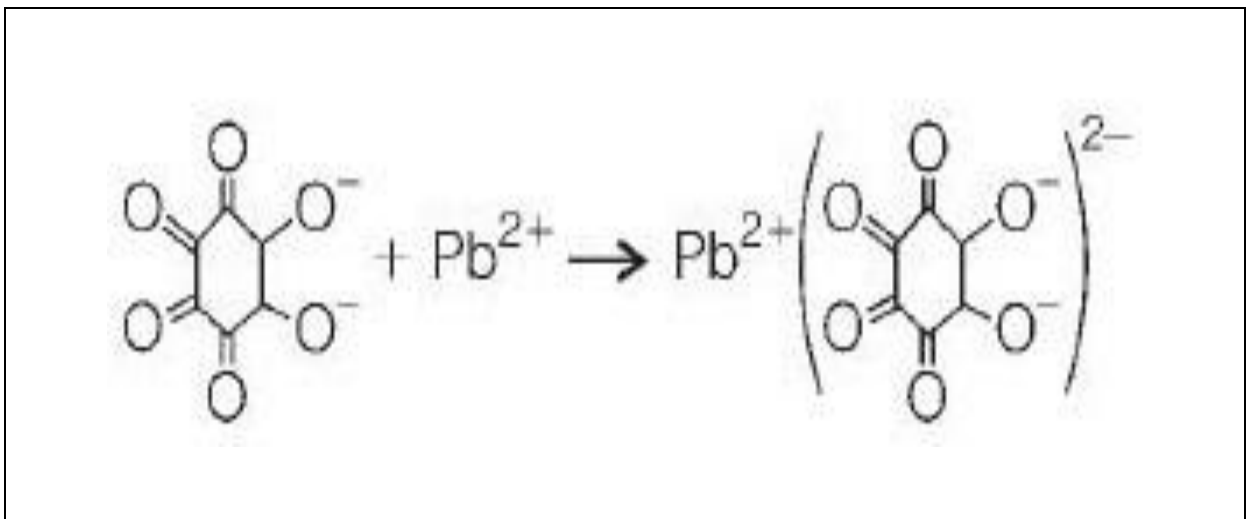


Figura 9 - Reação da análise química do chumbo

Fonte: OLIVEIRA, 2006

O complexo resultante apresenta coloração avermelhada intensa, diferentemente da solução inicial de rodizonato de sódio, a qual se apresenta amarelada, nas concentrações utilizadas pelos laboratórios de Química Forense (OLIVEIRA, 2006).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a responsabilidade de fazer conhecer a importância da Química Forense dentro de um processo legal, através de técnicas e aplicações utilizadas na investigação de crimes, conclui-se que a Química Forense ocupa um lugar privilegiado no desvendamento de crimes, pois a presença física sempre estará em um objeto, um local, ou até mesmo em outra pessoa, contudo, mesmo que aparentemente os crimes não deixam pistas, os químicos provam o contrário, demonstrando que através de fibras, fios de cabelos e até a sujeira de um sapato deve ser usado na investigação. De modo que, qualquer fato encontrado na cena do crime pode ser testado e usado como prova, confirmando ou não a presença de um suspeito no local.

Aproveitar os fundamentos químicos envolvidos nos testes periciais veiculados nos meios de comunicação serve como estratégia para divulgar e contextualizar a ciência química.

Dessa forma, a partir das diversas modalidades de ensino da ciência forense é possível alcançar a boa formação de profissionais com interesse na área Química Forense.



## REFERÊNCIAS

BARBOSA, B. M. et al. **Análise bibliográfica de artigos sobre alquimia. Ciências Farmacêuticas.** Brasília: Vol.1, nº1, p.1-3, Jan./Mar., 2003.

BERNARDY, C. C.F.; OLIVEIRA, M. L. F. **The Role of Family Relationships In The Initiation of Street Drug Abuse Institutionalized Youths.** Rev Esc Enferm. USP, 2010; 44(1):11-7

BERRIEL, L. et al. **Colloquium Humanarum.** Presidente Prudente: v. 8, n. 1, p. 53-58. jan./jun., 2011.

BORÉM, A.; FERRAZ, D. A.; SANTOS, F. R. **DNA e Direito. Biotecnologia Ciência e Direito.** n. 22. Set./Out., 2001.

BORGES, E. P.; FERNANDES, E. N.; ROCHA, F. R. P. Development Of A Low Cost Device For Chemiluminescence Measurements. **Química Nova**, Vol. 25, n. 6b, São Paulo: Nov./dez., 2002.

BULCÃO, R. et al. Designer Drugs: Analytical And Biological Aspects. **Química Nova**, Vol. 35, nº1, 149-158. 2012.

CAMPOS, D. B. **O místico e o mítico como catalisadores do processo ensino aprendizagem de Química Orgânica.** In: Simpósio Nacional de Ensino e Tecnologia. 2009. p. 325-332.

CHAIB, N. Alquimia, precursora da Química. **Revista de Ensino de Ciências.** 1981, n 4, p. 38-44. Nov., 1981.

CHEMELLO, E. Ciência Forense: Manchas de Sangue. **Química Virtual.** Janeiro, 2007.

CHEMELLO, E. Ciência Forense: balística. **Química Virtual.** Fevereiro, 2007.

CIENFUEGOS, F.; VAITSMAN, D. **Análise Instrumental.** Rio de Janeiro: Interciência. 2000.

FACHONE, P.; VELHO, L. Forensic Science: the Intersection of Justice, science and Technology. **Revista Tecnologia e Sociedade**. 2009.

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

FASSINA, V. et al. Avaliação dos resultados obtidos nos exames toxicológicos realizados pelo laboratório e perícias durante o ano de 2005. Setor de Toxicologia, Laboratório de Perícias, Instituto Geral de Perícias-SJS/RS. **Revista do IGP**. Ano 3, nº3, Jan. 2007, p. 26-34.

FERNANDES, R. et al. Validation of the methodology for extration and quantitation of the 7-hidroxy-4', 6-dimethoxyliflavone in suspension cells and callus cultures of *Dipteryx odorata*. **Eclética química**. Vol. 34, nº 1. São Paulo: 2009.

FERREIRA, E. C.; ROSSI, A. V. Chemiluminescence As Analytical Tool: From The Mechanism To Applications Of The Reaction Of Luminol In Kinetic Based Methods. **Química Nova**. Vol. 25 n.6. São Paulo: nov./dez., 2002.

FIGUEIRAS, C. A. L. Vicente Telles, O Primeiro Químico Brasileiro. **Química Nova**. Outubro 1985.

FILHO, C. R. D.; ANTEDOMENICO, E. A Perícia Criminal e a Interdisciplinaridade no Ensino de Ciências Naturais. **Química Nova na Escola**. Vol. 32. nº. 2. Maio, 2010.

FILHO, P. E. G. C.; FILHO, E. A. Diretrizes éticas na prática pericial criminal. **Revista Bioética**. 2010. 18(2): 421-37.

GARRIDO, R. G. Evolução dos Processos de Identificação Humana: Das Características Antropométricas ao DNA. **Genética na Escola**. 2009. 05. 02, p. 38-40.

GARRIDO, R. G. Learning criminalistics: interaction among informal non-formal and formal education. **Saúde, Ética & Justiça**. 2010. 15(1):10-5.

LEITE, O. D.; FILHO, O.; ROCHA, F., R.P. A flow analysis experiment involving enzymatic reactions and chemiluminescence. **Química Nova**. Vol. 27, n. 2. São Paulo: mar./abr., 2004.

LIMA, A.P. et al. 47<sup>o</sup> CBQ, **Química Forense: A Atuação do Químico Forense no Contexto da Perícia Criminal**, Natal: 17 a 21 de setembro de 2007.

OLIVEIRA, A. A. A. Determination of Gunshot's Trajectory in Forensic Ballistics by the Use of Topographic Suverying. **Revista Brasileira de Cartografia**. N<sup>o</sup>61/04. 2009 (ISSN 0560-4613).

OLIVEIRA, M. F. Química Forense: A Utilização da Quimica na Pesquisa de Vestígios de Crime. **Quimica Nova Na Escola**. N<sup>o</sup>24. Novembro, 2006.

OLIVEIRA, M. F. et al. Analysis cocaine content in samples apprehended by Police using the high-performance liquid chromatography technique with UV-Vis detector. **Ecletica Quimica**. Vol. 34 n<sup>o</sup>3. São Paulo: 2009.

PEIXOTO, A. S.; RAMOS, A. S. Filmes Finos & Revelação de Impressões Digitais Latentes. **Ciencia e Tecnologia dos Materiais**. Vol. 22, n.1-2. Lisboa: Jun., 2010. (ISSN 0870-8312 versão impressa).

PIMENTEL, L. C. F. et al. The incredible use of dangerous chemicals in the past. **Química Nova**. Vol. 29, n. 5. São Paulo: Set./Out., 2006.

REIS, E. L. et al. Identification of gunshot residues by high resolution inductively coupled plasma mass spectrometry. **Química Nova**. Vol. 27, n<sup>o</sup> 3. São Paulo: Mai./Jun., 2004.

RODRIGUES, C. V.; SILVA, M. T.; TRUZZI, O. M. S. Forensic science: a service approach. **Gestão e Produção**. Vol.17, n<sup>o</sup>. 4. São Carlos: Out./Dez., 2010.

ROMAO, W. et al. Forensic chemistry; perspective of new analytical methods applied to documentoscopy, ballistic and drugs of abuse. **Química Nova**. Vol. 34, n<sup>o</sup> 10. São Paulo: 2011.

RUSSELL, J. B. **Quimica Geral**. 2<sup>o</sup> ed. Vol. 1. São Paulo: 1994. Pearson Makron Books

SANTOS, R. M.S.; SANTOS, M. F. Quimioluminescência e Bioluminescencia. **Química Nova**. 16(3). 1993.

SILVA, R. F. et al. Importance of frontal sinus radiographs for human identification. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**. 74(5). Set/Out., 2008.

SKOOG, D. A. et al. **Fundamentos de Química Analítica**. Tradução de Marco Grassi. Revisão Técnica Celio Pasquini. Vol. 8. São Paulo: 2008. Cengage Learning.

STRATHERN, P. **O sonho de Mendeleiev: a verdadeira história da química**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2002.

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

VANIN, J. A.. **Alquimistas e Químico: o passado, o presente e o futuro**. 2 ed. São Paulo: Moderna, 2005.