



Fundação Educacional do Município de Assis
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis
Campus "José Santilli Sobrinho"

MATHEUS DOS SANTOS GARCIA

**QUÍMICA FORENSE: METODOLOGIAS ANALÍTICAS NA
INVESTIGAÇÃO DE CRIMES**

Assis-SP

2015

MATHEUS DOS SANTOS GARCIA

QUÍMICA FORENSE: METODOLOGIAS ANALÍTICAS NA
INVESTIGAÇÃO DE CRIMES

Trabalho de conclusão de curso de Curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação em Química.

Orientadora: Dra. Patrícia Cavani Martins de Mello
Área de Concentração: Química

Assis
2015

FICHA CATALOGRÁFICA

GARCIA, Matheus

Química Forense: metodologias analíticas na investigação de crimes/ Matheus Garcia

Fundação Educacional do Município de Assis - FEMA -- Assis, 2015.

XXp.

Orientadora: Dra. Patrícia Cavani Martins de Mello

Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA.

1.Quimica. 2.Forense. 3. Crimes

CDD:660

Biblioteca da FEMA

QUÍMICA FORENSE: METODOLOGIAS ANALÍTICAS NA INVESTIGAÇÃO DE CRIMES

MATHEUS DOS SANTOS GARCIA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Municipal
de Ensino Superior de Assis, como
requisito do Curso de Graduação,
analisado pela seguinte comissão
examinadora:

Orientador: Dra. Patrícia Cavani Martins de Mello

Analisador: Dra. Mary Leiva de Faria

Assis

2015

AGRADEDIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus familiares, mãe e pai, Rita e Aguinaldo, e irmã, Maria Fernanda, por tudo que representa em minha vida, e não seria nada sem o amor e apoio incondicional que sempre me deram na minha vida.

A minha namorada, Thais, por sempre estar ao meu lado, apoiar e o carinho dado por esses anos juntos.

Para a professora, Dra. Patrícia Cavani Martins de Mello, pela sua dedicação e total ajuda na confecção desse trabalho, e sem a orientação e o apoio não conseguiria concluí-lo.

A todos meus amigos, por todos esses anos de convivência, onde passamos muitos momentos de alegria juntos.

RESUMO

Este trabalho tem como finalidade mostrar como a química forense engloba análises orgânicas e inorgânicas, toxicologia, investigações sobre incêndios criminosos e sorologia, e suas conclusões servem para embasar decisões judiciais. A solução de um crime, com a punição dos culpados, é a meta primordial da justiça. Ao desvendar as circunstâncias de um crime, os investigadores fazem um trabalho de grande importância: de um lado, protegem a população da ação de criminosos e de outro, impedem que inocentes sejam punidos injustamente. Técnicas de separação como cromatografia e analíticas como espectroscopia, espectrometria de massa, calorimetria, papiloscopia e termogravimetria são capazes de identificar a substância utilizada em um envenenamento, as impressões digitais de envolvidos em crimes, manchas orgânicas, como sangue, esperma, fezes e vômito, manchas inorgânicas, como lama, tinta, ferrugem e pólvora, e analisar evidências como fios de cabelo, peças de vestuário, poeiras e cinzas em locais de crime. O objetivo deste trabalho é demonstrar métodos usados frequentemente na investigação de crimes e sua importância na sociedade. Os resultados demonstrados pela pesquisa foram que as análises químicas apresentaram grande efetividade nas investigações, mostrando ser um método a ser seguido para a montagem do inquérito. Para sua confecção foram levantados trabalhos atuais que relacionaram técnicas analíticas e suas melhorias, à identificação e quantificação de substâncias químicas correlacionadas ao esclarecimento de inquéritos policiais. Observa-se que química analítica, seu conhecimento e habilidade de manipulação, sé mais uma importante frente da ciência que estuda a composição e transformação da matéria.

Palavras-chave: Crimes; Forense; Investigação; Química.

ABSTRACT

This work aims to show how forensic chemistry encompasses organic and inorganic analysis, toxicology, serology and criminal investigations of fires, and its findings are used to support judgments. The solution of a crime with punishment of the guilty is the ultimate goal of justice. To uncover the circumstances of a crime, the researchers make a major work: on the one hand, protect the population from the action of criminals and others, prevent innocent are punished unfairly. Separation techniques such as chromatography and analytical as spectroscopy, mass spectrometry, calorimetry, papiloscopia and thermogravimetry are able to identify the substance used in a poisoning, the fingerprint involved in crimes, organic stains such as blood, sperm, stool, vomiting, inorganic stains such as mud, paint, rust and gunpowder, and analyze evidence such as hair, clothing, dust and ashes in crime scenes. The objective of this study is to demonstrate methods often used in the investigation of crimes and their importance in society. The results shown by the survey were that the chemical analysis showed great effectiveness in the investigation, proved to be a method to be followed for the assembly of the investigation. For its preparation have been raised current studies dealing with analytical techniques and their improvements, identification and quantification of chemical substances correlated to clarify police investigations. It is observed that analytical chemistry, knowledge and handling ability, sé another important front of the science that studies the composition and transformation of matter.

Keywords: Chemistry; Forensics; Crimes; Research.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Reações da ninidrina com componentes celulares.....	15
Figura 2 - Representação esquemática da geração de quimioluminescência do luminol na presença de peróxido de hidrogênio.....	16
Figura 3 - Cena de um crime isolada	17
Figura 4- Macroprocesso simplificado de um inquérito policial, do evento até a sentença final.	19
Figura 5 - Reação para coleta de resíduos de chumbo em disparos de armas de fogo	21
Figura 6 – Armas de fogo e nomenclatura de seus componentes.	22
Figura 7 – Descrição da trajetória de um projétil, comparando entre linha de mira e linha de tiro.....	23
Figura 8 - Exame de Comparação	24
Figura 9 - Reação de síntese do luminol a partir do ácido 3-nitroftálico. Em, A) Ácido 3-Nitroftálico; B) Hidrazina; C) 5-Nitroftalhidrazina; D) Luminol.....	25
Figura 10 - Exemplo de um ambiente com e sem luminol e as marcas de um calçado.....	26
Figura 11 - Reação do Luminol	26
Figura 12 - Reação de Teichman	28
Figura 13 - Exemplo de Teste Comparativo	33
Figura 14 - Reação de cianoacrilatos.....	37
Figura 15 - Digital revelada por cianocrilato	37
Figura 16 - Reação para revelações de digitais com Nitrato de Prata.	38
Figura 17 - Composição química dos pós reveladores de IPL	39
Figura 18 - Digital revelada com pó negro de fumo.....	39
Figura 19 - Laboratório para realização de procedimentos.	41
Figura 20 - Reação Química do Reagente Kastler Meyer	43
Figura 21 - Cromatógrafo líquido de alta eficiência	50
Figura 22 - Instrumentação da Cromatografia Líquida de alta eficiência.....	50
Figura 23 - Síntese mdma.	52

Figura 24 -Cromatógrafo Gasoso.....	55
Figura 25 - Instrumentação de Cromatografia Gasosa.	56
Figura 26 - Resultado cromatográfica: (1) acetaldeído, (2) metanol, (3) etanol, (4) acetona, (5) isopropanal, (6) propanal.	58
Figura 27 - Técnica EASY-MS	62
Figura 28 - Síntese THC.....	61
Figura 29 - Espectroscopia Raman	64
Figura 30 - Espectro de 4 canetas de tintas diferentes.	65
Figura 31 - Espectro de canetas de mesma cor.....	66

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. AS ORIGENS DA CIÊNCIA FORENSE	14
3. A INVESTIGAÇÃO DE CENAS DE CRIMES.....	17
3.1 INQUÉRITO POLICIAL	18
3.2 TÉCNICAS CIENTÍFICAS APLICADAS À INVESTIGAÇÃO DE CRIMES.	20
3.2.1 BALÍSTICA FORENSE	20
3.2.2 REAÇÕES DE LUMINESCÊNCIA EM QUÍMICA FORENSE	24
3.2.2.1 Análise de Sêmen	27
3.2.2.2 ANÁLISE DE SANGUE	28
3.2.2.3 Análise de Saliva	29
3.2.2.4 Análise de Urina.....	29
3.2.3 DNA FORENSE	30
3.2.4 COLETA DAS AMOSTRAS.....	31
3.2.4.1 Sangue e Sêmen	31
3.2.4.2 Tecidos, fios de cabelo, órgãos e ossos.....	32
3.2.4.3 - Saliva, urina e outros fluidos corporais.....	32
3.2.5 EXAME COMPARATIVO DE DNA	33
3.2.6 PAPILOSCOPIA.....	34
3.2.7 TÉCNICAS PARA REVELAÇÃO DE DIGITAIS	35
3.2.7.1 - Técnica do pó	38
3.3 EXAMES LABORATORIAIS	40
4. A CIÊNCIA FORENSE COMO FERRAMENTA PARA O ENSINO DE QUÍMICA.....	42
4.1. INTRODUÇÃO	42
4.2 METODOLOGIA	44
4.2.1 PREPARO DO REAGENTE DE KASTLE MEYER	44
4.2.2 REVELAÇÃO DE MANCHAS DE SANGUE UTILIZANDO O REAGENTE DE KASTLE MEYER	44
5. A QUÍMICA ANALÍTICA NO CONTEXTO DOS PROCESSOS INVESTIGATÓRIOS DE CRIMES E DROGAS DE ABUSO	45

5.1. TÉCNICAS CROMATOGRÁFICAS PARA QUANTIFICAÇÃO DE DROGAS E SEUS CONSTITUINTES	45
5.1.1. CROMATOGRAFIA	46
5.1.2. CROMATOGRAFIA CAMADA DELGADA (CCD)	47
5.1.2.1 Análise de Aldicarb	48
5.1.3 - CROMATOGRAFIA LIQUIDA DE ALTA EFICIENCIA (HPLC)	49
5.1.3.1 Aplicações da Cromatografia Líquida de Alta Eficiência à Análise Forense	51
5.1.3.1.1 <i>Análise Ecstasy</i>	51
5.1.3.1.2 <i>Análise de Cocaína</i>	53
5.1.3.1.3 <i>Análise de Ácido Lisérgico</i>	54
5.1.4. CROMATOGRAFIA GASOSA	55
5.1.4.1. Aplicação da Cromatografia Gasosa à Análise Forense	57
5.1.4.1.1 <i>Análise de Etanol no Sangue</i>	57
5.2 ELETROFORESE CAPILAR	58
5.3 ESPECTROMETRIA DE MASSAS (MS)	59
5.3.1 APLICAÇÕES DA ESPECTROMETRIA DE MASSAS (MS) À ANÁLISE FORENSE.....	60
5.3.1.1 Análise Maconha	60
5.4 EASY AMBIENT SONIC-SPRAY (EASI-MS)	62
5.5 ESPECTROSCOPIA RAMAN.....	63
5.5.1 APLICAÇÕES DA ESPECTROSCOPIA RAMAN À ANÁLISE FORENSE.....	64
5.6 ESPECTROMETRIA ATÔMICA	66
5.6.1 ESPECTROMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA.....	67
5.6.2 ESPECTROMETRIA DE EMISSÃO ATÔMICA	68
5.6.2.1 Aplicações da Espectrometria de Emissão Atômica à Análise Forense	69
6. CONCLUSÃO	71

1. INTRODUÇÃO

A solução de um crime, com a punição dos culpados, é a meta primordial da justiça. Ao desvendar as circunstâncias de um crime, os investigadores fazem um trabalho de grande importância: de um lado, protegem a população da ação de criminosos e de outro, impedem que inocentes sejam punidos injustamente (CRQ, 2014).

A Química Forense pode ser definida como a ciência que se encarrega da análise, classificação e determinação de elementos ou substâncias encontradas nos locais de averiguação ou ocorrência de um delito ou que podem estar relacionadas a este (BRANCO, 2005).

Engloba análises orgânicas e inorgânicas, toxicologia, investigações sobre incêndios criminosos e serologia, e suas conclusões servem para embasar decisões judiciais (CRQ, 2014). É o ramo das ciências forenses voltado para análise e caracterização de substâncias diversas em matrizes tais como drogas lícitas e ilícitas, venenos, acelerantes e resíduos de incêndio, explosivos, resíduos de disparo de arma de fogo, combustíveis, tintas, fibras, dentre outros (ROMAO et al., 2011).

Apesar de as investigações criminais serem o aspecto mais conhecido da química forense, ela não se limita a ocorrências policiais. O químico forense também pode dar seu parecer em decisões de natureza judicial, atuar em questões trabalhistas, como determinar se uma atividade é perigosa ou insalubre, detectar adulterações em combustíveis e bebidas, uso de drogas ilícitas, fazer perícias em alimentos e medicamentos e investigar o doping esportivo (CRQ, 2014). São exemplos de análises químicas de interesse forenses possíveis às reações empregadas nas análises de disparos de armas de fogo, identificação de adulterações em veículos, revelação de impressões digitais, identificação de sangue em locais de crime e peças relacionadas a estes, bem como constatação de substâncias entorpecentes como maconha e cocaína (OLIVEIRA, 2006).

Quando a determinação da natureza de uma substância química torna-se necessária, ou quando existe 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).

Este trabalho tem o objetivo de apresentar as técnicas analíticas químicas envolvidas no processo de investigação de crimes e utilizadas de forma geral, na química forense.

2. AS ORIGENS DA CIÊNCIA FORENSE

Por anos, autoridades e indivíduos cultivaram a suspeita de que havia muito mais num crime do que apenas depoimentos: que a cena do crime, a arma de um homicídio ou, ainda, algumas gotas de sangue poderiam ser testemunhas da verdade (SANTANA, 2015).

A datiloscopia já era empiricamente empregada pelos japoneses no século VII e pelos chineses no século XII (UFEPel, 2014).

O primeiro registro do uso da ciência forense na solução de um crime vem de um manual chinês para legistas chamado “A Limpeza dos Erros”, escrito em 1247, onde o legista examinou os cortes no corpo da vítima, e então testou uma variedade de lâminas no cadáver de uma vaca, concluindo que foi uma foice. Em 1836, James Marsh desenvolveu o teste de detecção de arsenico, onde um pequeno tecido ou amostra de sangue entra em contato com zinco e ácido sulfúrico para comprovar se houve envenenamento. Desta maneira foi comprovado o envenenamento de 7 crianças e 1 adulto por Mary Ann Cotton, de Low Moorsley, Condado de Durham, no século 19 (SANTANA, 2015).

A antropologia forense (identificação do corpo humano), foi usada como prova em 1897, onde Adolph Luetgert foi declarado culpado pela morte da esposa Louise. Os policiais investigaram a empresa de salsicha da empresa de Adolph, onde o mal cheiro os levaram a uma tina de canalizar salsicha, onde encontraram uma aliança e um anel gravado LL e numa fôrnalha, pequenos pedaços de ossos. Um antropólogo, George Dorsey, examinou os ossos para verificar se estes eram humanos, e este concluiu que eram ossos do pé, de dedos da mão, costelas, de dedos do pé e do crânio de uma mulher. Adolph foi condenado pelo crime em júri. Já Dorsey enfrentou muito ceticismo de outros especialistas sobre as provas, pois achavam insuficientes para identificação da ossada de uma mulher (SANTANA, 2015).

Em 1910 foi descoberto as reações da ninidrina com componentes celulares (Figura 1). Sdiergfrie Ruhemann verificou que formavam-se substâncias coloridas ao reagi-

la com polipeptídios, proteínas e alfa-aminoácidos. Em 1954 a ninidrina começou a ser utilizada como um reagente usado para a revelação de digitais, pois reagia com as glândulas sudoríparas (UFEPel, 2014)

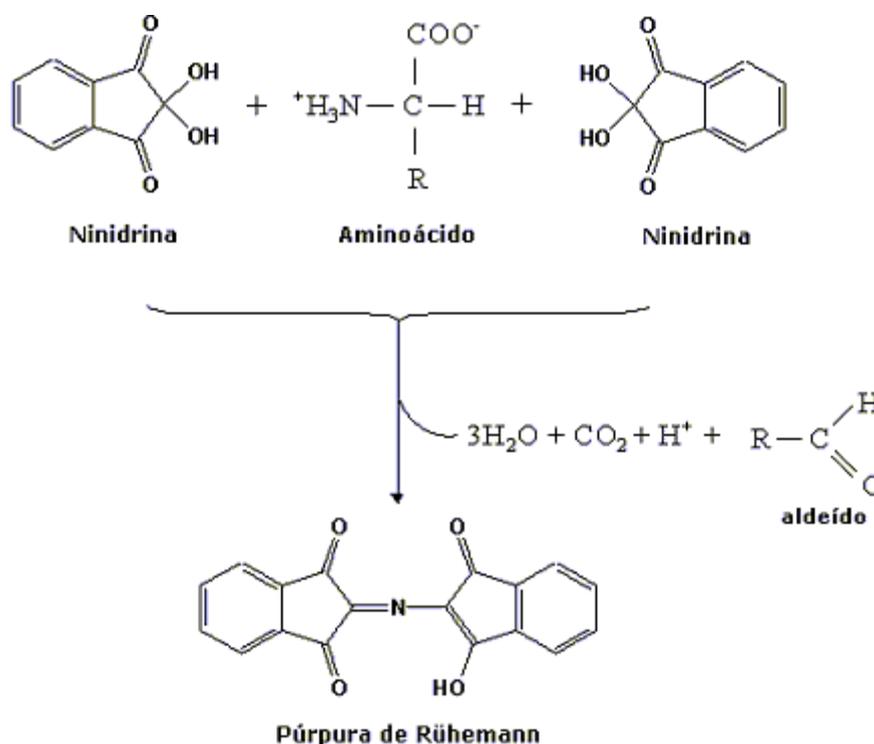


Figura 1 - Reações da ninidrina com componentes celulares (SOTOMAYER, 2008).

Em 1973, ficou marcado na história da química forense, a introdução do luminol na investigação criminal. Este em contato com manchas de sangue em locais de crime, mesmo que tenha sido lavado, forma um composto azul, fosforescente, que até hoje é empregado na revelação de vestígios de sangue (UFEPel, 2014)A representação esquemática da geração de quimioluminescência do luminol na presença de peróxido de hidrogênio é apresentada na Figura 2.

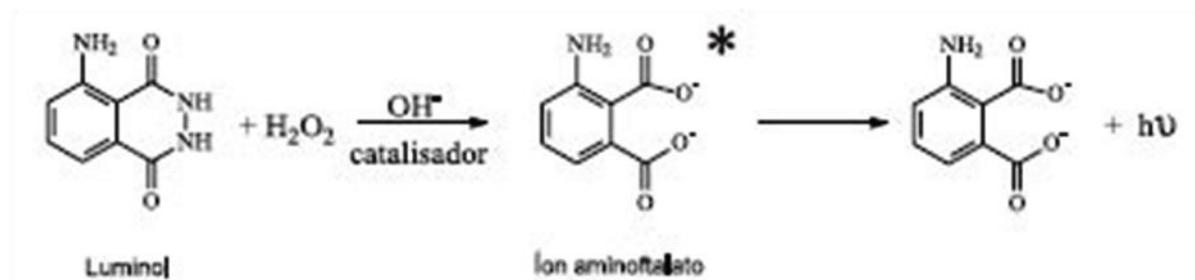


Figura 2 - Representação esquemática da geração de quimioluminescência do luminol na presença de peróxido de hidrogênio (FERREIRA, 2002).

3. A INVESTIGAÇÃO DE CENAS DE CRIMES

Os locais de crime, bem como os elementos de interesse pericial nele contidos devem ser fotografados do modo como foram encontrados pelo perito ou levantados por meio de desenhos esquemáticos e plantas, que são previstas no código de processo penal. Os vestígios encontrados na cena do crime (peças, instrumentos de crime, substâncias químicas etc.) devem ser analisados e interpretados pelo perito e reportados de modo descritivo em um relatório denominado laudo técnico-pericial (OLIVEIRA, 2006).

Assim, entende-se por levantamento técnico pericial do local do fato, a reprodução fiel e minuciosa do espaço físico onde ocorreu um evento de interesse judiciário, bem como da importância de cada vestígio coletado e sua relação com o fato criminoso (OLIVEIRA, 2006). A Figura 3 reproduz a cena de um crime.



Figura 3 - Cena de um crime isolada (CHEMELLO, 2014)

As principais provas que podem ser encontradas no local são: manchas, impressões e marcas, armas (brancas ou de fogo), instrumentos, peças de vestuários, pêlos, cabelos documentos, venenos, pós, poeiras e cinzas(UFEPel, 2014).

Entre as manchas, por exemplo, destacam-se: traços orgânicos: sangue, esperma, fezes, vômito; traços inorgânicos: cera, lama, ferrugem, tinta, pólvora(UFEPel, 2014).

3.1 INQUÉRITO POLICIAL

O inquérito policial é um procedimento administrativo preliminar, de caráter inquisitivo, presidido pela autoridade policial, que visa reunir elementos informativos com objetivo de contribuir para a formação da “*opinio delicti*” do titular da ação penal. Tem por objetivo subsidiar a propositura da ação penal. Além desta finalidade, o inquérito policial visa colher elementos para o deferimento das medidas cautelares pelo juiz (DUARTE, 2015).

O enquadramento das atividades desenvolvidas pela perícia criminal como um processo de operações em serviço que ocorre em uma rede interorganizacional pode incrementar o valor da imparcialidade da Justiça Criminal entregue a seus principais destinatários (RODRIGUES, 2015).

O Código de Processo Penal em seu Capítulo artigo 160 determina que “o perito deve descrever minuciosamente o que examinar e responder aos quesitos formulados” (PC, 2015).

Algumas das obrigações que o inquerito policial deve ter:

- Caracterizar o ambiente geral, a rede interorganizacional e a operação do serviço;
- Mapear os principais públicos do serviço;
- Descrever o macroprocesso de produção e definir o tangível e o intangível neste serviço;

- Identificar o que é valor para os principais destinatários de um serviço destinado a produzir insumo para um valor básico de Justiça;
- Contribuir para a aplicação da engenharia de produção em serviços públicos. (RODRIGUES, 2015).

A atividade pericial é regulada pelo Código de Processo Penal (CPP). Os peritos são classificados como auxiliares da justiça, com conhecimento especializado em determinada área, sujeitos à disciplina judiciária e aos mesmos impedimentos dos juízes. A perícia criminal integra uma rede constituída para entregar um valor básico de Justiça, composta por um ciclo judicial e outro policial (RODRIGUES, 2015). A Figura 4 ilustra um fluxograma dos processos em um inquérito policial.

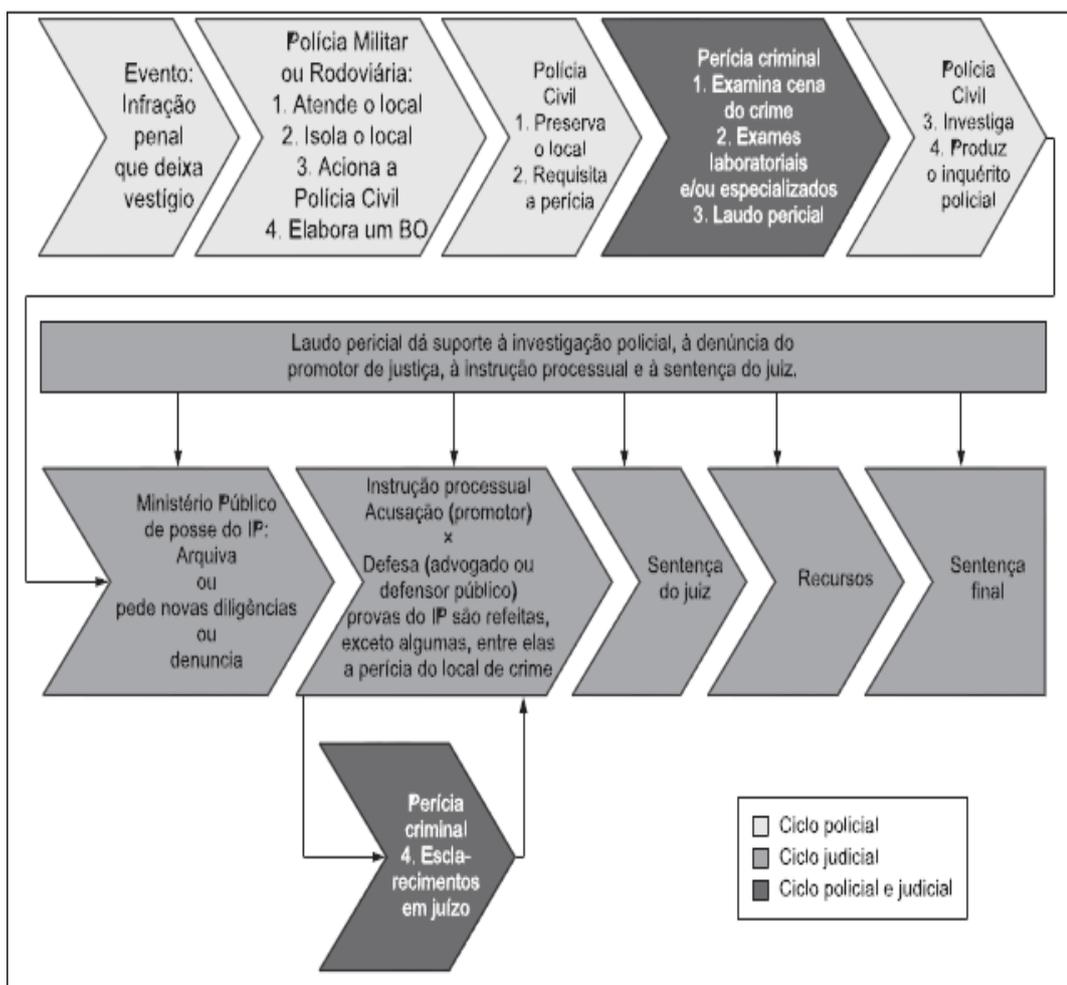


Figura 4- Macroprocesso simplificado de um inquérito policial, do evento até a sentença final (RODRIGUES, 2015)

3.2 TÉCNICAS CIENTÍFICAS APLICADAS À INVESTIGAÇÃO DE CRIMES

3.2.1 Balística Forense

A Balística Forense é uma disciplina, integrante da criminalística, que estuda as armas de fogo, sua munição e os efeitos dos tiros por elas produzidos, sempre que tiverem uma relação direta ou indireta com infrações penais, visando esclarecer e provar sua ocorrência (IGP, 2015)

A balística investiga as armas, as balas e as feridas produzidas por ambos no alvo, entre outros exames no corpo. Graças a tais evidências, o perito descobre informações como calibre do projétil, qual arma (branca ou de fogo) foi usada, distância e posição em relação à vítima. Quanto às armas de fogo, vestígios de pólvora indicam o disparo de munição ou a distância da ferida de entrada (TEIXEIRA, 2015).

A carga de inflamação, também chamada de mistura iniciadora ou primer, é responsável por deflagrar a combustão da pólvora (carga de projeção) contida no estojo e a expulsão do projétil através do cano da arma. A proporção e os elementos presentes na mistura iniciadora variam de acordo com o tipo de espoleta (fogo central ou circular) e de munição. Geralmente, 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 (trinitrotolueno, tetraceno) e aglutinantes (goma-arábica, resinas celofane e goma-laca). Os elementos Pb, Sb e Ba são os principais marcadores químicos presentes nos resíduos inorgânicos produzidos por disparos de armas de fogo dos resíduos deixados pela espoleta, a pólvora também. Além pode ser analisada (ROMAO et al., 2011).

Na coleta dos resíduos, para confirmação de presença de chumbo, coloca-se tiras nas mãos do suspeito que ao serem borrifadas com solução acidificada de rodizonato de sódio, onde em caso de resultado positivo, se apresenta uma

coloração avermelhada. A reação química envolvida no processo consiste na complexação de íons chumbo pelos íons rodizonato representada na Figura 5:

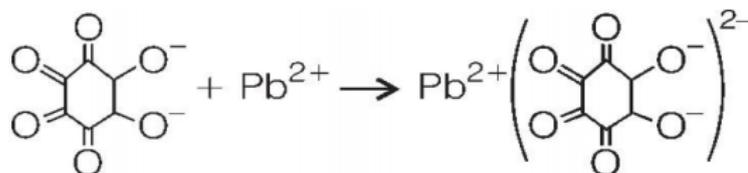


Figura 5 -Reação para coleta de resíduos de chumbo em disparos de armas de fogo (CHEMELLO, 2014)

Segundo os estudos que são submetidos à balística forense, esta pode ser dividida em: balística interna, balística externa e balística dos efeitos (CRIMINALISTICA FORENSE, 2015).

a) Balística interna: campo de estudo dos fenômenos que produzem, essencialmente, a aceleração do projétil (CRONEMBERGER, 2012). Conhecida também como balística interior, é a parte da balística que estuda a estrutura, mecanismos e funcionamento das armas de fogo, o tipo de metal usado na sua fabricação bem como, a sua resistência às pressões desenvolvidas na ocasião do tiro (CALVACANTI, 2015).

As armas de fogo (Figura 6) são criteriosamente analisadas nesse ramo da balística forense, assim sendo, além do estudo do funcionamento das armas, da sua estrutura e mecanismos, este ramo da balística descreve até mesmo as técnicas do tiro (CRIMINALISTICA FORENSE, 2015).



Figura 6 – Armas de fogo e nomenclatura de seus componentes (SCOPEL, 2015).

b) Balística externa: conhecida também como balística exterior, estuda a trajetória do projétil (Figura 7), desde a saída da boca do cano da arma até a sua parada final (repouso) (CAVALCANTI, 2015).

A balística exterior analisa as condições do movimento, velocidade inicial do projétil, sua forma, massa, superfície, resistência do ar, a ação da gravidade e os seus movimentos intrínsecos (CRIMINALISTICA FORENSE, 2015).

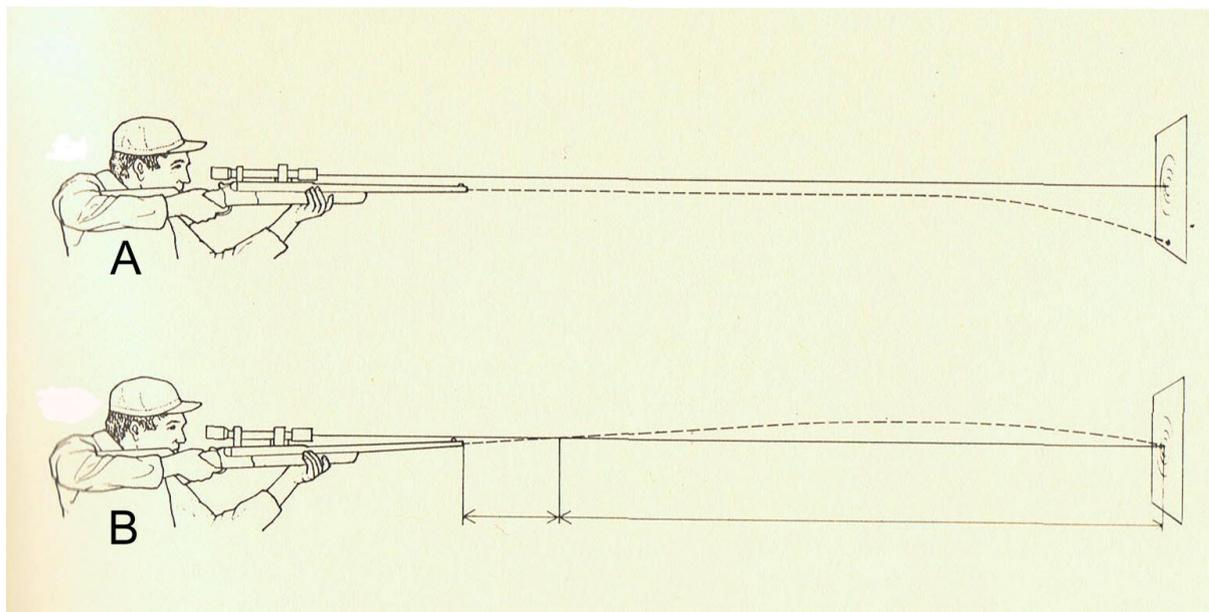


Figura 7 – Descrição da trajetória de um projétil, comparando entre linha de mira e linha de tiro (Disponível em: <<http://www.apaginadomonteiro.net/balistica.htm>>).

c) Balística dos efeitos: conhecida também como balística terminal ou balística do ferimento, estuda os efeitos gerados pelo projétil desde que abandona a boca do cano até atingir o alvo (CALVACANTI, 2015).

Dentro dessas divisões de estudos de balísticas, exames de eficiência, metalográfico, de comparação e de segurança podem ser feitos para que as evidências sejam coletadas: (CRIMINALISTICA FORENSE, 2015).

a) Exame de eficiência: tem por finalidade verificar se a arma de fogo é eficiente para a realização de disparos. Os procedimentos periciais iniciam pela identificação da arma, descrição de suas características, avaliação de sua estrutura, testes de eficiência e avaliação dos resultados (IGP, 2015)

b) Exame metalográfico: destina-se a recuperação das numerações de série destruídas. A metodologia utilizada consiste em polir a área a ser investigada e em seguida aplicar os reagentes químicos apropriados para a revelação da numeração (INSTITUTO GERAL DE PERICIAS, 2011).

c) Exame de comparação (Figura 8): visa estabelecer a conexão entre a arma de fogo e o projétil, entre a arma e o estojo, entre projéteis e entre estojos. O

procedimento pericial adotado segue rotina padronizada no Brasil e no Exterior, com o emprego de um moderno microscópio comparador auxiliado por processo de captura de imagens permitindo a análise em vídeo de alta resolução (INSTITUTO GERAL DE PERICIAS, 2011).

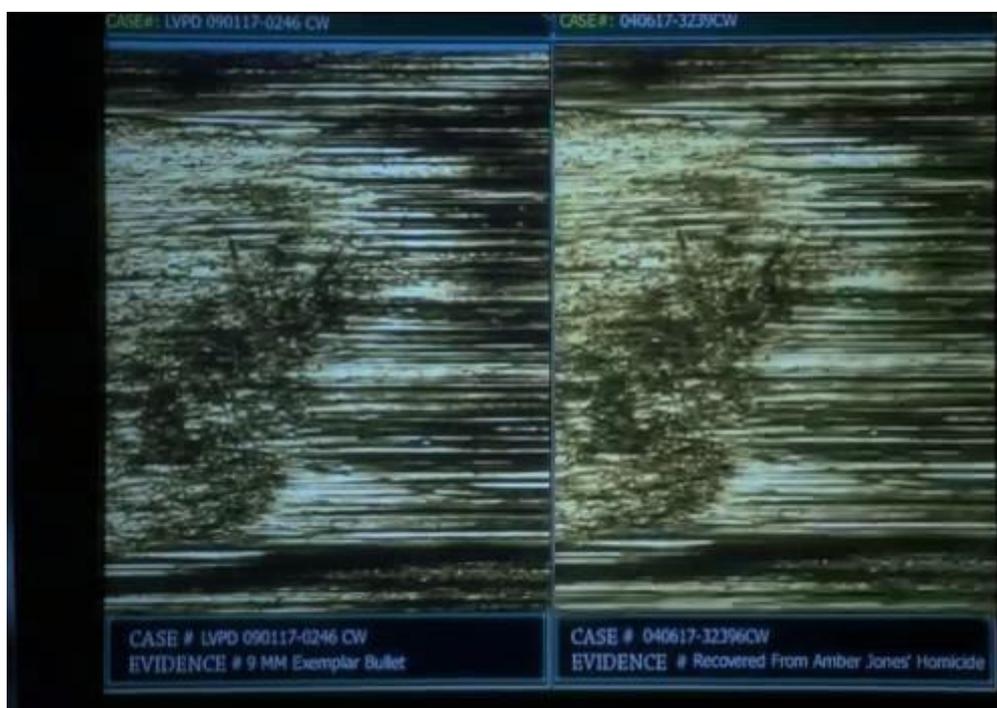


Figura 8 - Exame de Comparação (PICHETH, 2015)

d) Exame de segurança: é utilizado quando se busca identificar se os mecanismos de segurança da arma de fogo questionada estão eficientes, assim, esclarecendo as dúvidas quando a possibilidade de disparos acidentais (INSTITUTO GERAL DE PERICIAS, 2011).

3.2.2 Reações de Luminescência em Química Forense

Moléculas do sangue podem ser excitadas quimicamente por meio de fluorocromos produzindo luminescência por reação de oxidação com o grupo heme. Esses testes em que se utilizam reações de luminescência servem para detectar vestígios em

cenas de crimes em que não há manchas visíveis a olho nú. Para estas reações utiliza-se o composto luminol (5-amino-2,3-di-hidro-1,4-ftalazinadiona) (Figura 9), que pode ser obtido a partir do ácido 3-nitroftálico (PORTAL DA EDUCAÇÃO, 2015).

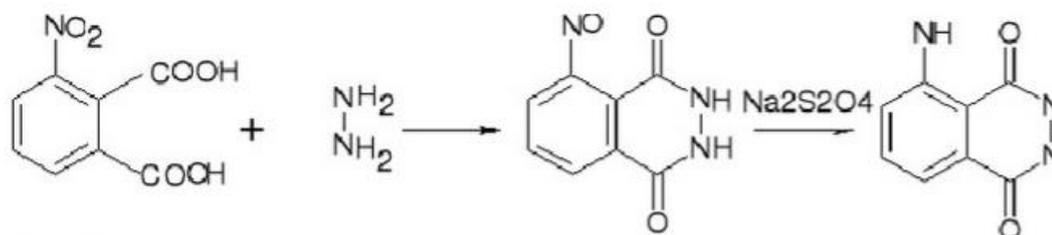


Figura 9 - Reação de síntese do luminol a partir do ácido 3-nitroftálico. Em, A) Ácido 3-Nitroftálico; B) Hidrazina; C) 5-Nitroftalhidrazina; D) Luminol. (FREITAS, 2012)

Na cena do crime nem sempre há evidências visíveis de sangue, porém, o luminol reage com quantidades muito diminutas de sangue. Sua sensibilidade pode chegar aos impressionantes 1/1.000.000.000, mesmo em locais com azulejos, pisos cerâmicos ou de madeira, os quais tenham sido lavados (UNICENTRO, 2015).

A eficácia do produto é tão grande que é possível a detecção de sangue mesmo que já tenham se passado seis anos da ocorrência do crime. A reação química produzida 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. A Figura 10 apresenta um exemplo de um ambiente com e sem luminol e as marcas de um calçado realçadas pela quimiluminescência do luminol (UNICENTRO, 2015).

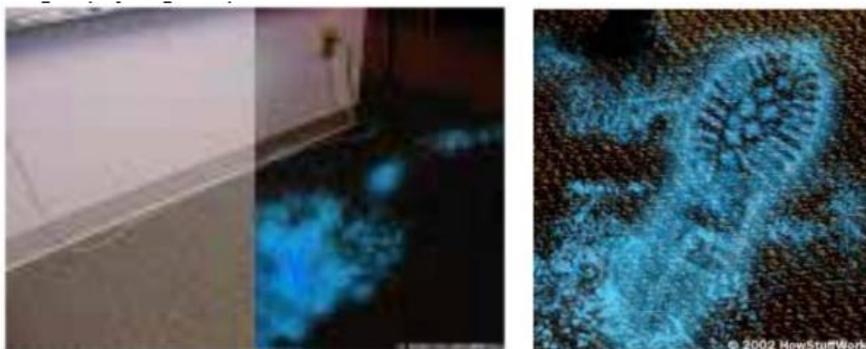


Figura 10 - Exemplo de um ambiente com e sem luminol e as marcas de um calçado (UNICENTRO, 2015).

Ao borrifar o luminol sobre uma mancha de sangue, os grupamentos heme férricos (Fe^{3+}) perdem mais um elétron e vão para um novo estado de oxidação, formando dessa maneira intermediários instáveis contendo Fe^{4+} , que então catalisam sua oxidação, produzindo assim a luminescência, enquanto são reduzidos novamente a Fe^{3+} . De um modo simples, as moléculas se livram da energia extra sob forma de fótons de luz visível, pois para isso acontecer hemoglobina e o luminol precisam entrar em contato; o ferro presente 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-aminoftalato. A reação deixa o 3-aminoftalato 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 de luz. A finalidade deste processo segue demonstrado na Figura 11. (FREITAS, 2012)

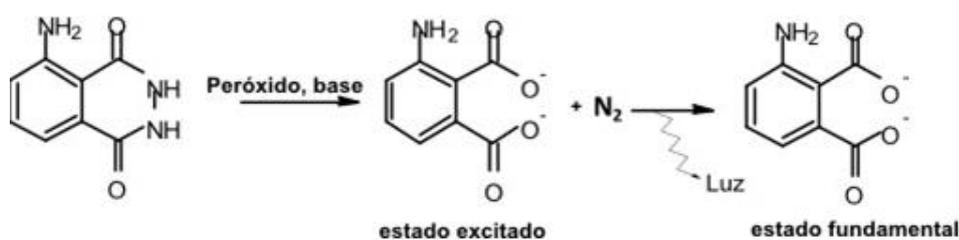


Figura 11 - Reação do Luminol (BARBOSA, 2000)

3.2.2.1 Análise de Sêmen

O sêmen é um vestígio secretado pelo homem e pode ser encontrado na forma de manchas nas roupas, chão, tapetes e outros; nas formas líquida e seca. Após secagem. Dá um efeito engomado aos tecidos (UNICENTRO, 2015).

O estudo dos fluidos seminais na cena do crime está diretamente relacionado à individualização da evidência biológica para confronto com possíveis suspeitos. A coleta de vestígios de sêmen deve ser feita com a máxima cautela, já que se deve preservar ao máximo a presença de espermatozóides na amostra (PORTAL DA EDUCAÇÃO, 2015).

Os procedimentos que devem ser realizados pela perícia forense são:

- Verificação se de fato a mancha trata-se de sêmen ou não;
- Identificação da origem (se é humano ou não);
- Determinação do grupo sanguíneo;
- Determinação do tipo de ejaculação (se interna ou externa);
- Determinações toxicológicas (se há ou não presença de drogas);
- Exames de DNA

Um teste presuntivo comum utilizado para identificar a possível presença de evidências de sêmen é o teste de fosfatase ácida, durante o qual um substrato químico vai produzir uma cor quando reage com a enzima fosfatase ácida que está presente no esperma (POCKET MAC LABS, 2014).

Trata-se de um teste presuntivo porque a enzima AP também está presente nas secreções vaginais, de modo que o teste não pode distinguir entre os dois. Para confirmar a identificação sêmen, um teste para o antígeno específico da próstata, P30 (PSA) proteína no sêmen é usualmente realizada, usando métodos imunológicos. Além disso, os espermatozoides podem ser corados e visualizadas ao microscópio para confirmar a presença de sêmen (POCKET MAC LABS, 2014).

A exposição de manchas de sêmen à luz UV pode ser utilizada também como

apenas para uma avaliação preliminar, já que a reação à luz UV não é exclusiva do sêmen. O sêmen possui altas concentrações da enzima Fosfatase Ácida em sua composição, desta forma ao aplicar o reagente Fenolftaleína Bifosfato Tetrassódio a uma mancha suspeita do material a ser analisado, caso seja revelada uma coloração avermelhada, há comprovação da presença desta enzima (LASAPE, 2015).

A reação de Florence é baseada na formação de cristais de iodeto de colina, que se encontram presentes no esperma sob a forma de fosforil-colina e lecitina. Os cristais são vistos na forma de lâminas rombóides de coloração parda (PORTAL DA EDUCAÇÃO, 2015).

Testes confirmatórios como o teste a fresco, também podem ser utilizados na investigação de vestígios de sêmen. A análise é realizada em microscópio a fresco para a determinação de espermatozoides, já que a determinação de um espermatozoide íntegro já é suficiente para confirmar a presença de sêmen. Porém, não deve descartar o fato de que há muitos homens azoospermicos, como os que foram submetidos à vasectomia (PORTAL DA EDUCAÇÃO, 2015).

3.2.2.2 ANÁLISE DE SANGUE

Para confirmar a presença de sangue, os cientistas podem usar o testecristalino chamado de Teichman, no qual cristais de Teichmann, constituídos por cloridratos de hematina, são adicionados ao sangue, reagem com a hemoglobina e causam a cristalização (POCKET MAC LABS, 2014).

Na reação, os cristais de Teichmann são constituídos por cloridratos de hematina, cuja molécula seria formada pela união de uma molécula de hematina com molécula de ácido clorídrico. Ocorre a eliminação de uma molécula de água e forma-se o cristal, como mostrado na Figura 12 (BARBOSA, 2000).

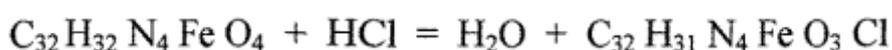


Figura 12 - Reação de Teichman (BARBOSA, 2000)

Após a confirmação, os investigadores forenses querem saber se o sangue é humano, e em caso afirmativo, qual o tipo. Para identificar as espécies, pode-se usar um teste de precipitação imunológica. Este teste envolve a adição de anticorpos contra as proteínas humanas e da amostra de sangue desconhecida em uma matriz de gel, que é submetida a uma corrente eléctrica para permitir sua separação por eletroforese. Se as amostras de sangue se combinarem forma-se uma linha (precipitina), identificando a amostra como de origem humana. Posteriormente é feito teste de tipagem sangüínea para determinar o tipo de sangue do mancha de sangue e fator Rh. Para os ensaios de tipagem de sangue, soros anti-A e anti-B são adicionados para a mancha de sangue e observado para a coagulação, ou aglutinação (POCKET MAC LABS, 2014).

3.2.2.3 Análise de Saliva

Não existem testes rápidos para localizar manchas de saliva. Se uma mancha ou fluido suspeita for encontrado, testes laboratoriais podem verificar a presença de amilase, uma enzima abundante na saliva (POCKET MAC LABS, 2014). Se positivo, a concentração de amilase pode ser determinado com ensaios tais como o ensaio de difusão radial, teste Phadebas ou teste de amido. (NOGUEIRA, 2005)

3.2.2.4 Análise de Urina

Tal como acontece com saliva, manchas de urina são difíceis de encontrar e os investigadores devem se basear na cor amarela e odor para encontrar uma correspondência possível. Para confirmar a presença de urina, os cientistas usam testes que identificam ureia, ácido úrico, creatinina, e de outras substâncias vulgarmente encontrados na urina (POCKET MAC LABS, 2014).

3.2.3 DNA Forense

O DNA Forense é aplicado na identificação de suspeito em casos de crimes sexuais (estupro, atentado violento ao pudor, ato libidinoso diverso da conjugação carnal); identificação de cadáveres carbonizados, em decomposição, mutilados, etc; relação entre instrumento lesivo e vítima; identificação de cadáveres abandonados; aborto provocado; infanticídio; falta de assistência durante o estado puerperal; investigação de paternidade em caso de gravidez resultante de estupro; estudo de vínculo genético: raptos, sequestros e tráfico de menores; e anulação de registro civil de nascimento (DOLINSKY, 2007).

Além dos cuidados que devem ser tomados com todas as evidências criminais e civis, nos casos que envolvem a análise de DNA, deve-se ter atenção em relação à contaminação das evidências criminais que contenham material genético (DOLINSKY, 2007).

Ao longo de investigações criminais, os principais materiais submetidos a análise de DNA incluem sangue e manchas de sangue; sêmen e manchas de sêmen; fios de cabelo (com raiz); tecidos, ossos e órgãos. Outras fontes como urina, saliva e fezes também podem ser analisadas mas deve-se ressaltar que somente células nucleadas servem para genotipagens de DNA nuclear (PARADELA, 2015).

As evidências localizadas em cenas de crime devem ser, independentemente das condições, fotografadas antes de tocadas ou movidas. A sua localização relativa no ambiente e as condições do material devem ser documentadas através de fotos, filmagem ou, na ausência destes recursos, por meio de esquemas e relatórios detalhados. Ao receber as amostras, o laboratório forense deve verificar e registrar a presença e o estado do empacotamento, dos selos e etiquetas. Os dados sobre a evidência devem ser verificados. Caso se realize algum teste preliminar no material, este procedimento deve ser registrado (PARADELA, 2015).

O DNA resiste bem ao calor (temperatura de até 100°C não o destrói), mas existe o problema da contaminação, que é a deposição de material biológico de outra pessoa na amostra. Para um controle do material biológico coletado, faz-se necessário a

documentação a identificação de todas as pessoas que ficaram responsáveis pela guarda da amostra (DOLINSKY, 2007).

3.2.4 Coleta das amostras

3.2.4.1 Sangue e Sêmen

O material biológico na forma líquida geralmente é coletado por absorção. Sangue e sêmen ainda líquidos podem ser removidos com o auxílio de uma seringa descartável ou uma pipeta automática, sempre estéreis, e transferidos para um tubo de laboratório, também estéril. Quando já coaguladas, as amostras sanguíneas devem ser transferidas ao tubo utilizando-se uma espátula livre de agentes contaminantes. O sangue líquido coletado deve ser preservado com anticoagulantes(PARADELA, 2015).

Como na coleta de qualquer amostra biológica para fins diagnósticos, deve-se considerar a amostra potencialmente contaminada e utilizar as precauções de biossegurança padronizadas pela legislação e pelos programas de acreditação laboratorial. É essencial manter o cuidado na identificação da amostra e na garantia da obtenção de todos os dados necessários (MELO et al., 2010).

Manchas secas de sangue ou sêmen depositadas em peças de vestuário, lençóis e outros objetos que podem ser removidos para o laboratório devem ser isoladas e transportadas na forma em que estão. Em geral este transporte se dá em caixas de papelão fechadas e lacradas, contendo a correta identificação do material. Quando estas manchas estão localizadas sobre objetos maiores que não podem ser removidos por inteiro ao laboratório, a região contendo o material deve ser cortada para envio ao laboratório. Recomenda-se também que uma região sem amostras evidentes seja também retirada a fim de servir como controle para os testes laboratoriais(PARADELA, 2015).

3.2.4.2 Tecidos, fios de cabelo, órgãos e ossos

Amostras de tecidos são usadas quando não for possível a coleta de sangue (paciente falecido), o tecido e o sangue apresentarem diferente genótipo (mutações somáticas em doenças neoplásicas ou mosaicismos) ou o tecido for a única fonte de ácidos nucleicos para potenciais agentes infecciosos (MELO et al., 2010).

O ideal é o congelamento em nitrogênio líquido ou a colocação do tecido em uma solução de preservação de ácidos nucleicos. Quando isso não for possível, recomenda-se que a amostra de tecido seja colocada em banho de gelo e transportada com gelo para melhor preservação dos ácidos nucleicos, especialmente do RNA. Amostras muito pequenas podem ser embrulhadas em gaze embebida com salina, a fim de evitar que a amostra resseque (MELO et al., 2010).

Como em todos os casos, quando as evidências são constituídas de tecidos, fios de cabelo, órgãos ou ossos deve-se descrever o seu estado e fotografar. Este tipo de material pode ser coletado com o auxílio de instrumentos como bisturis e pinças, sempre estéreis. Cada item deve ser acondicionado separadamente, selado e identificado. Para os fios de cabelo, deve-se utilizar as amostras contendo raiz. (PARADELA, 2015).

3.2.4.3 - Saliva, urina e outros fluidos corporais

Amostras de urina ou saliva na forma líquida devem ser transferidas para garrafas plásticas ou de vidro estéreis. Preferencialmente, o material deve ser isolado de fontes de luz e armazenado em refrigerador. Se as amostras estiverem na forma de manchas, pode-se proceder conforme descrito para manchas de sangue e sêmen (PARADELA, 2015).

Volume das amostras, tempo desde a última micção, presença de inflamação e outros fatores podem afetar a obtenção de ácidos nucleicos. No caso da urina, o tempo da amostra e a temperatura ambiente deve ser minimizado, já que o pH baixo e a alta quantidade de ureia rapidamente degradam o DNA, especialmente acima de

25°C. Caso exista necessidade de armazenamento das amostras, esta deve ser congelada a -70°C, mas, mesmo assim, pode haver diminuição da capacidade de detectar alguns microrganismos (MELO et al., 2010).

3.2.5 Exame Comparativo de DNA

O DNA pode ser extraído de uma pequena amostra de qualquer material biológico, como sangue, cabelo, unha, sêmen, saliva, urina. O exame de DNA dá-se de forma comparativa (Figura 13), ou seja, de cada uma das amostras são selecionados trechos significativos do DNA (locus)(PARADELA, 2015).

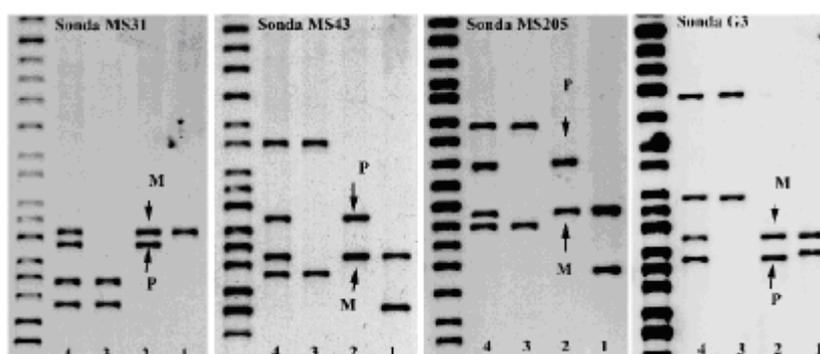


Figura 13 - Exemplo de Teste Comparativo (Disponível em: <<http://www.dnareference.com.br/educacao-a-distancia/curso-genetica-forense-dna/aula/aula.htm>>)

No mínimo, são 13 loci são analisados verificando-se o comprimento das sequências das bases do DNA (alelos). A partir disso, são gerados perfis de DNA que são comparados entre si. A relação entre os alelos é que vai mostrar se existe vínculo genético familiar ou não. Depois, são realizados cálculos estatísticos para estimar o número de vezes em que esse perfil ocorre na população. A possibilidade de que duas pessoas tenham as mesmas sequências dos trechos de DNA é estimada em uma em seis bilhões (DOLINSKY, 2007).

3.2.6 Papiloscopia

A papiloscopia é a ciência que trata da identificação humana através das papilas dérmicas (saliências da pele) existentes na palma das mãos e na sola dos pés, mais conhecida pelo estudo das Impressões digitais (AGENCIA BRASIL, 2015).

Se baseia em alguns princípios fundamentais, os quais estão relacionados com a identificação humana. O princípio da perenidade, descoberto em 1883 pelo anatomista holandês Arthur Kollman, diz que os desenhos datiloscópicos em cada ser humano já estão definitivamente formados ainda dentro da barriga da mãe, a partir do sexto mês de gestação. O princípio da imutabilidade, por sua vez, diz que este desenho formado não se altera ao longo dos anos, salvo algumas alterações que podem ocorrer devido a agentes externos, como queimaduras, cortes ou doenças de pele, como a lepra. Já o princípio da variabilidade garante que os desenhos das digitais são diferentes, tanto entre pessoas como entre os dedos do mesmo indivíduo, sendo que jamais serão encontrados dois dedos com desenhos idênticos. Como é praticamente impossível existir duas pessoas com a mesma digital, e também pelo fato da existência de um reduzido número de tipos fundamentais de desenhos é possível, via de regra, classificar uma impressão digital (CHEMELLO, 2014).

Esta ciência é dividida em cinco áreas:

- Datiloscopia: processo de identificação por meio das impressões digitais);
- Quiroscopia: identificação das impressões palmares;
- Podoscopia: identificação das impressões plantares;
- Poroscopia: identificação dos poros
- Critascopia: identificação das cristas papilares (AGUIAR, 2015).

O método da papiloscopia é prático, pois obter impressões digitais é um procedimento relativamente simples, rápido e de baixo custo quando comparado aos outros métodos, uma das razões que é muito usado em investigações, e também muito utilizados pelos peritos papiloscopistas, pois tudo no homem se modifica com

o passar do tempo, menos os desenhos na palma das mãos e na extremidade dos dedos, até mesmo em cadáveres (AGUIAR, 2015).

3.2.7 Técnicas para Revelação de Digitais

Existem diversas técnicas para coleta de fragmentos papilares no local do crime. A perícia, quando entra na cena de um crime, observa vários aspectos. No que diz respeito ao assunto, a observação de objetos deslocados da sua posição original pode revelar vestígios papilares nos objetos que apresentam superfície lisa ou polida. A estes vestígios se dá o nome de Impressões Papilares Latentes (IPL), que podem confirmar ou descartar a dúvida de quem estava na cena do crime. Há basicamente dois tipos de IPL: as visíveis e as ocultas. As visíveis podem ser observadas se a mão que as formou estava suja de tinta ou sangue. Já o princípio da variabilidade garante que os desenhos das digitais são diferentes, tanto entre pessoas como entre os dedos do mesmo indivíduo, sendo que jamais serão encontrados dois dedos com desenhos idênticos. Como é praticamente impossível existir duas pessoas com a mesma digital, e também pelo fato da existência de um reduzido número de tipos fundamentais de desenhos é possível, via de regra, classificar uma impressão digital. (CHEMELLO, 2014).

Algumas substâncias químicas, características da excreção humana podem ser identificadas e associadas a uma cena criminal. Para se revelar uma impressão digital com sucesso é preciso escolher um agente químico ou físico que reaja com os componentes orgânicos, inorgânicos, citoplasma e substâncias gordurosas liberados pelas glândulas da pele – ácrinas, sebáceas e apócrinas – sem contaminar a superfície onde a impressão se encontra (AGENCIA BRASIL, 2015). A Tabela 1 relaciona as principais substâncias presentes no suor humano e as glândulas que as excretam.

Glândula	Compostos Inorgânicos	Compostos Orgânicos
Sudoríparas	Cloretos Íons metálicos Amônia Sulfatos Fosfatos Água	Aminoácidos Uréia Ácido láctico Açúcares Creatinina Colina Ácido úrico
Sebáceas		Ácidos graxos Glicerídeos Hidrocarbonetos Álcoois
Apócrinas	Ferro	Proteínas Carboidratos Colesterol

Tabela 1 – Substâncias químicas características da excreção humana que podem ser identificados e associados a uma cena criminal (PEREIRA, 2010).

Entre algumas substâncias químicas que podem ser citadas a este propósito estão: cianoacrilato, ninidrina, amido black, nitrato de prata e diazafluorenona (DFO), violeta genciana, Pó fluorescente e decaldador de gelatina(CHEMELLO, 2014).

No uso de cianoacrilato, que é o reagente mais utilizado nas investigações, os vapores de cianoacrilato reagem com a umidade das impressões digitais e é muito útil sobre a maioria das superfícies não porosas, como plásticos, metais, vidros e papéis plastificados (Figura 14 e 15). Também produz excelentes resultados em

isopor e sacolas plásticas apresentar a reação do cianoacrilato com umidade (CHEMELLO, 2014).

Na reação, o vapor de cianoacrilato de etila resulta em uma camada polimérica branca no formato da impressão digital, a revelando (ANDRADE, 2015).

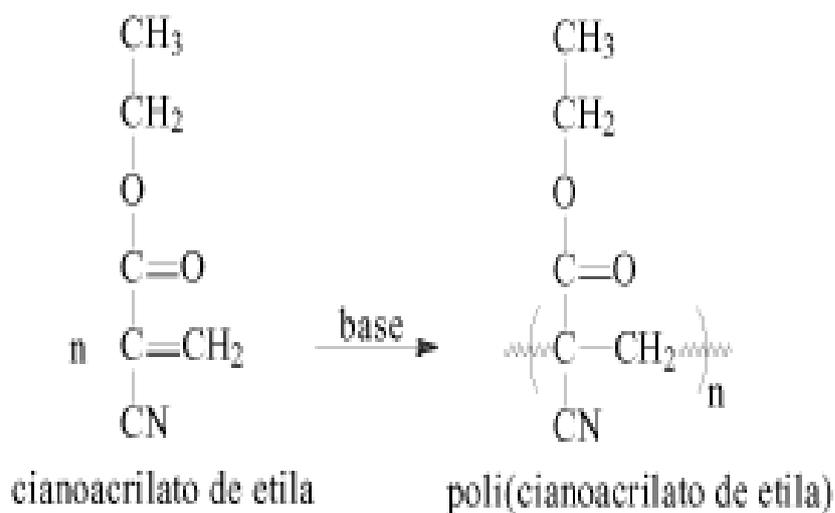


Figura 14 - Reação de cianoacrilatos (ANDRADE, 2015)



Figura 15 - Digital revelada por cianocrilato (ANDRADE, 2015)

A ninidrina, outro reagente muito usado, baseia-se na reação com os aminoácidos e assim é capaz de revelar impressões papilares que foram depositadas há até 50 anos, especialmente quando deixadas sobre papel. É excelente para superfícies porosas. Reação representada na figura 1 (CHEMELLO, 2014).

Já no caso de uso de nitrato de prata, a reação acontece com cloretos e sais de secreções da pele (Figura 16). Muito empregado para revelar impressões em papelão, papel jornal e madeira. (SEBASTIANY et al., 2013).

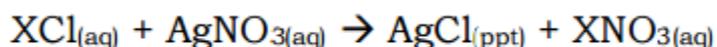


Figura 16 - Reação para revelações de digitais com Nitrato de Prata (SEBASTIANY et al., 2013).

Com exceção dos cloretos de prata, mercúrio e chumbo, todos os outros são solúveis em água. É exatamente uma destas exceções, o cloreto de prata, que permite a visualização da IPL. Na figura acima, “XCl(aq)” representa qualquer sal de cloro – excetuando os já mencionados –, como o cloreto de sódio dissolvido [NaCl(aq)] (CHEMELLO, 2014)

3.2.7.1 - Técnica do pó

A técnica do pó é a mais utilizada entre os peritos. Nasceu juntamente com a observação das impressões e sua utilização remota ao século dezanove e continua até hoje. É usada quando os vestígios se localizam em superfícies que possibilitam o decalque da impressão, ou seja, superfícies lisas, não rugosas e não adsorventes. A técnica do pó está baseada nas características físicas e químicas do pó, do tipo de instrumento aplicador e, principalmente, no cuidado e habilidade de quem executa a atividade. As composições químicas dos pós mais utilizados na técnica do pó são apresentadas na Figura 17 (LIMA, 2014).

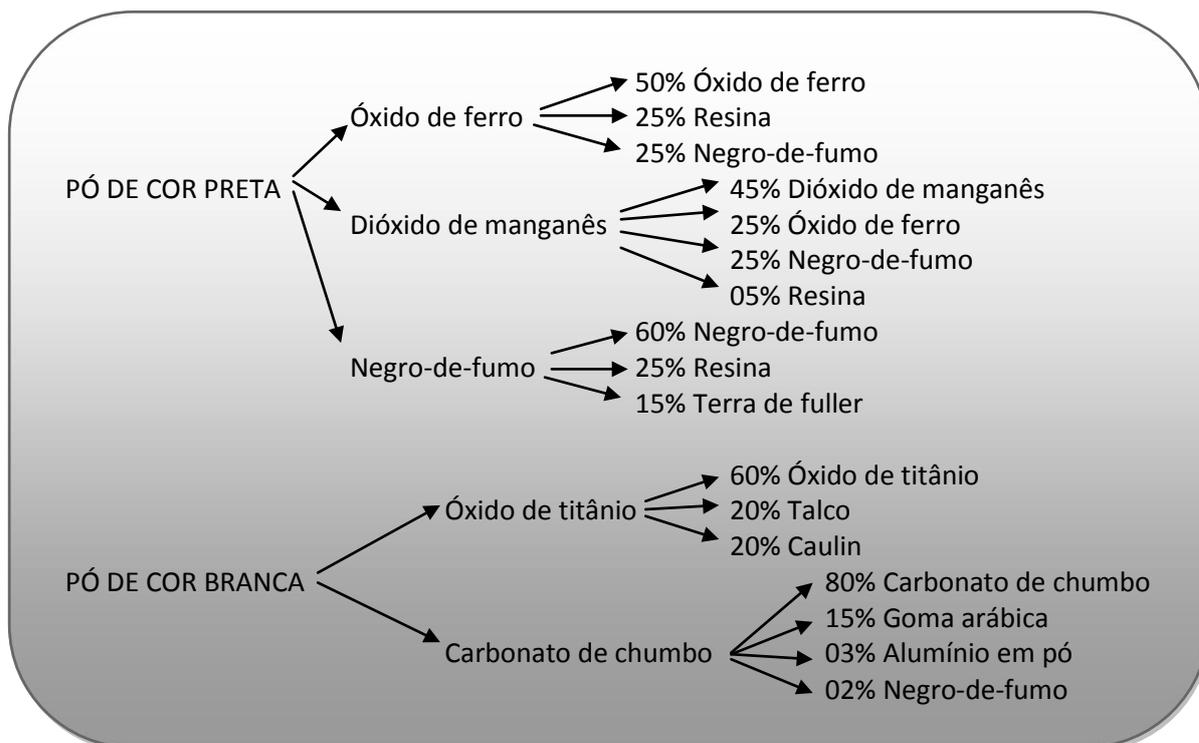


Figura 17 - Composição química dos pós reveladores de IPL (Pereira, 2010)

Esta técnica tem como principais vantagens seu baixo custo e sua simplicidade de aplicação. Vale lembrar que as cerdas do pincel podem danificar a IPL. Além dos pincéis, a técnica também pode ser realizada com spray de aerossol ou através de um aparato eletrostático. A Figura 18 ilustra uma digital revelada com pó negro de fumo (LIMA, 2014).



Figura 18 - Digital revelada com pó negro de fumo (GMSM, 2015).

Um exemplo claro que esta técnica funciona foi o caso que ocorreu em junho de 2001, foi executado em Indiana, nos Estados Unidos. Esse foi o desfecho de uma das investigações criminais mais famosas daquele país nos últimos anos. Timothy James McVeigh e Terry Nichols foram condenados pela explosão de uma bomba num prédio do governo em Oklahoma City, em 1995. O atentado matou 168 pessoas. Durante o julgamento de McVeigh, em 1997, além dos depoimentos de pessoas que diziam tê-lo visto planejando o crime, ou que testemunharam seu ódio contra as instituições americanas, apenas duas evidências físicas foram apresentadas. Duas impressões digitais. Uma num recipiente contendo nitrato de amônia – a mesma substância utilizada na fabricação da bomba – encontrado em sua casa e outra deixada na caminhonete que explodiu na frente do prédio em Oklahoma (LIMA,2014).

3.3 EXAMES LABORATORIAIS

Após a etapa de coleta de vestígios, cabe ao perito criminal proceder à análise laboratorial dos mesmos (Figura 19). Tais análises podem ser realizadas utilizando-se métodos físicos e químicos. (OLIVEIRA, 2006)

Como exemplos de métodos físicos, podem ser citados: a pesagem de peças e amostras, a determinação de ponto de fusão de substâncias sólidas, visualização de elementos ocultos utilizando-se lentes de aumento (lupas e microscópios óticos) e fontes de luzes especiais (ultravioleta e polarizada), dentre outros. (OLIVEIRA, 2006).

Quando a determinação da natureza de uma substância química torna-se necessária, ou quando existe 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), sendo tais análises químicas o tema principal deste trabalho



Figura 19 - Laboratório para realização de procedimentos (REAL, 2014).

4. A CIÊNCIA FORENSE COMO FERRAMENTA PARA O ENSINO DE QUÍMICA

4.1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento de seriados televisivos demonstrando as técnicas e estratégias que são usados por Cientistas Forenses usam nas investigações criminais, se torna uma oportunidade em demonstrar o uso didático de algumas dessas técnicas em sala de aula, devido que a ciência forense ser uma área interdisciplinar, que envolve física, biologia, medicina, química, matemática (UNICENTRO, 2015).

A demonstração visual, desperta o interesse do jovem aluno, sendo uma importante arma na busca de obter o desenvolvimento cognitivo dos estudantes, trazendo uma nova técnica para o aprendizado (ROSA; SILVA; GALVAN, 2013).

A prática de identificação de sangue é totalmente viável para a aplicação no ensino médio em virtude dos simples materiais e reagentes utilizados, que são de fácil acesso e encontram-se presentes em grande quantidade nos laboratórios escolares (ROSA; SILVA; GALVAN, 2013).

O sangue é um vestígio frequentemente encontrado em cenas de homicídio e outros crimes com envolvimento de violência física. Muitas vezes, não se consegue vincular o suspeito à mancha de sangue encontrada, mas o resultado negativo de tal confronto é útil para descartar o envolvimento de um cidadão (JUNIOR, 2015).

Para possibilitar o aluno a visualizar um trabalho de um cientista forense, onde a prática em campo mais usado é na investigação de vestígios de sangue na investigação, utilizaremos o Reagente de Kastler Meyer para a identificação de sangue.

O sangue, ao sair do organismo, degrada-se. A hemoglobina oxida-se, o átomo de ferro muda de heme para hemina ou hematina, o qual ocasiona alteração da cor da mancha de sangue de vermelha para marrom. No estado férrico, o grupo heme possui atividades catalíticas e capacidade de participar em reações redox como um

grupo de enzimas chamadas peroxidases. Essa atividade é empregada como base dos testes presuntivos para identificação de sangue. Neste teste a hemoglobina presente nas hemácias decompõe o peróxido de hidrogênio (funciona como peroxidase) em água e oxigênio nascente. Então, este oxigênio promoverá a forma colorida da fenolftaleína, evidenciando a amostra de sangue. As reações de formação do reativo de Kastle-Meyer, de ionização da fenolftaleína e reação dos mesmos com o sangue, estão demonstrados na Figura 20.

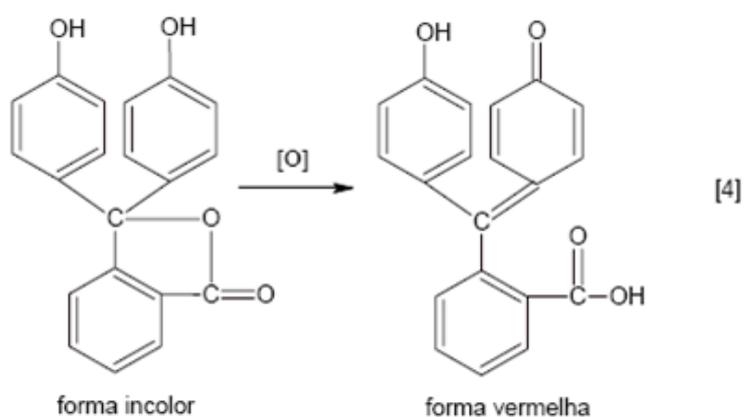
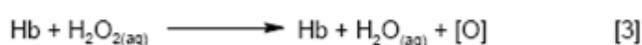
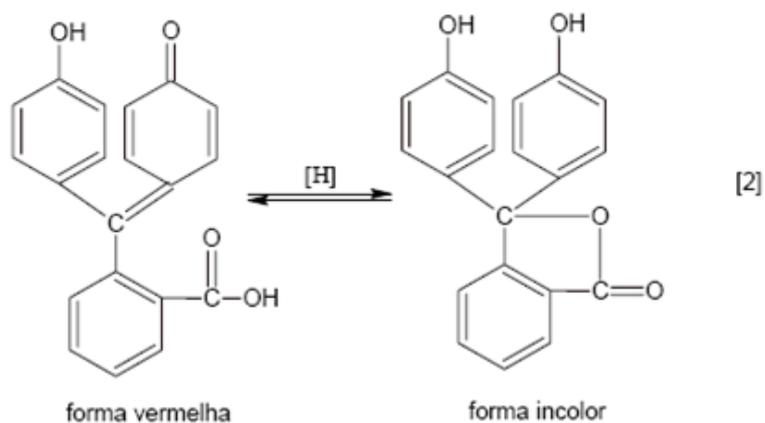
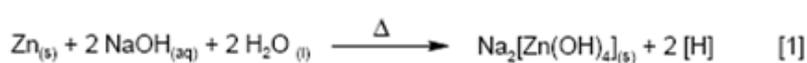


Figura 20 - Reação Química do Reagente Kastler Meyer (CHEMELLO, 2015)

4.2 METODOLOGIA

4.2.1 Preparo do Reagente de Kastle Meyer

Em um recipiente, adicionar 20 g de NaOH com 90 ml de água destilada. Após isso, adicionar 1 g de fenolftaleína e 10 ml de etanol e agitar até a dissolução dos reagentes. Em fogo brando, adicionar 20 g de pó de zinco metálico, e aquecer até o desaparecimento da cor rósea da solução.

4.2.2 Revelação de Manchas de Sangue Utilizando o Reagente de Kastle Meyer

Utilizando uma haste flexível umedecido em soro fisiológico ou água destilada, passe em método de esfregaço na amostra de sangue. Em seguida, pingue uma gota do reagente de Kastle-Meyer na haste flexível, seguido de uma gota de água oxigenada (5%). Quase instantaneamente, ocorrerá uma mudança de coloração no algodão. Uma cor vermelha intensa poderá ser visualizada, indicando a presença de sangue.

5. A QUÍMICA ANALÍTICA NO CONTEXTO DOS PROCESSOS INVESTIGATÓRIOS DE CRIMES E DROGAS DE ABUSO

Dentro das Ciências Forenses, a Química Forense, tem por objetivo a realização de exames laboratoriais em vários tipos de amostras orgânicas e inorgânicas encaminhadas para fins periciais, a pedido de autoridades policiais, judiciárias e/ou militares. A análise toxicológica para evidenciar o uso de drogas de abuso pode ser realizada em diferentes amostras biológicas, como urina, sangue, cabelo, saliva entre outras (GOMES, 2011). Há também metodologias eficientes para a identificação de suspeitos em ocorrências criminais, um exemplo seria a utilização de reativos químicos para a identificação de traços de resíduos de tiros, explosões, incêndios, fibras, solos, que em muitas vezes estes resíduos apresentam uma complexidade na sua composição, dificultando uma análise quantitativa completa. Apesar das técnicas utilizadas serem consagradas, é necessária uma evolução permanente destas metodologias, de modo a se obter de forma mais eficiente resultados confiáveis dos materiais encontrados (REIS et al., 2014).

O uso de substâncias psicotrópicas, normalmente derivadas de plantas, na busca de experiências religiosas ou mesmo de prazer e bem-estar, remete a humanidade às próprias origens. Tais drogas atuam no sistema nervoso central (SNC), modificando o humor, a consciência, os sentimentos, as sensações, o estado de vigília, dentre outros. Porém, o uso abusivo, inconsequente e indiscriminado é um fenômeno mais recente e cada vez mais disseminado nas sociedades contemporâneas (ROMAO et al., 2011).

A maioria dos métodos desenvolvidos para identificar a presença de drogas de abuso em dependentes químicos é aplicada a uma destas classes de compostos, onde vários procedimentos de preparo de amostras, um maior tempo de análise, ou várias corridas cromatográficas podem ser necessários. Dessa forma, métodos alternativos e mais eficientes que atendam a todas as classes de drogas são cruciais para o sucesso da toxicologia forense (MOTA; DI VITTA, 2014).

5.1. TÉCNICAS CROMATOGRÁFICAS PARA QUANTIFICAÇÃO DE DROGAS E SEUS CONSTITUINTES

5.1.1. Cromatografia

A cromatografia é um método físico-químico de separação. Ela está fundamentada na migração diferencial dos componentes de uma mistura, que ocorre devido a diferentes interações. A separação cromatográfica é baseada na distribuição dos componentes entre uma fase estacionária e uma fase móvel. Esta separação resulta das diferenças de velocidade dos componentes arrastados pela fase móvel devido às diferentes interações com a fase estacionária, onde passa a mistura, havendo interações diferentes entre seus componentes (soluto) com as respectivas fases. A fase estacionária é fixa (se a separação for feita em coluna, a fase estacionária fica fixada a coluna), sendo um material poroso, sólido ou líquido viscoso. Já a fase móvel pode ser líquida ou gasosa, a qual se move através da coluna (MOTA; DI VITTA, 2014).

Através do cálculo do tempo de retenção de um determinado analito sobre um determinado tipo de cromatografia, é possível comparar e chegar à identidade da espécie presente na mistura analisada. Existe a possibilidade também da junção dos cromatógrafos e de espectrômetros, os quais juntos potencializam o trabalho, levando a resultados mais rápidos nas análises realizadas (MOTA; DI VITTA, 2014).

Devido à alta precisão e confiabilidade dessas técnicas, elas são muito utilizadas na detecção ou separação de substâncias que estão em pequenas quantidades em uma mistura. Assim, na área forense a cromatografia tem grande utilização na toxicologia, dosando drogas de abuso e auxiliando a elucidar crimes (GOULART et. al., 2012).

Os principais métodos cromatográficos utilizados na área forense são: cromatografia de camada delgada (CCD), cromatografia gasosa (CG) e cromatografia líquida de

alta eficiência (CLAE) (ANDRADE et. al., 2010).

As técnicas cromatográficas são de larga aplicação em química e bioquímica, na pesquisa e na indústria. Estas técnicas cromatográficas variam desde as de extrema simplicidade, que podem ser facilmente manipuladas por não peritos, até as de alta sofisticação, usadas por especialistas. Entre esses dois extremos existem muitas variações de maior ou de menor complexidade. Entre os métodos modernos de análise, a cromatografia ocupa um lugar destaque devido a sua facilidade em efetuar a separação, identificação e quantificação das espécies químicas, por si mesmo ou em conjunto com outras técnicas, como por exemplo, quando acoplada a espectrofotometria ou a espectrometria de massas (RONSANI, 2010).

5.1.2. Cromatografia Camada Delgada (CCD)

A cromatografia em camada delgada é uma técnica de adsorção líquido-sólido, na qual a separação se dá pela diferença de afinidade dos componentes de uma mistura pela fase estacionária. Está embasada na separação de substâncias por meio das suas diferentes velocidades de migração em razão da afinidade relativa com solventes, fixando-se numa fase sólida. A CCD é um método simples, rápido e econômico, sendo a técnica predominantemente escolhida para o acompanhamento de reações orgânicas (GOULART et al., 2012).

A CCD tem várias aplicações importantes, tais como: estabelecer se dois compostos são idênticos, verificar a pureza de um composto (complexidade e muitas vezes a natureza), determinar o número de componentes em uma mistura, determinar o solvente apropriado para separação em uma coluna cromatográfica, monitorar a separação de uma mistura em uma coluna cromatográfica ou acompanhar o progresso de uma reação. É um método extremamente conveniente, pois é uma técnica rápida, reproduzível e necessita apenas uma quantidade muito pequena de amostra (1-100mg) (ANDRADE et al., 2010).

Neste método a fase estacionária é uma camada fina formada por um sólido granuloso (sílica, alumina e poliamida) depositado sobre uma placa que deve atuar

como suporte inerte. Na CCD gotas da solução a ser separada são aplicadas em um ponto próximo ao extremo inferior da placa. Após a secagem da placa, ela é colocada em um recipiente contendo a fase móvel, de modo que somente sua base fique submersa (GOULART et al., 2012).

O solvente começa a molhar a fase estacionária e sobe por capilaridade. Após o deslocamento da fase móvel, deixa-se a placa secar, e posteriormente é realizada a revelação da placa com reativos que dão cor as substâncias de interesse. O parâmetro de maior importância na CCD é o fator de retenção, que é a razão entre a distância percorrida pela substância e a distância percorrida pela fase móvel. Esse fator determinará se a substância analisada confere com a substância padrão (GOULART et al., 2012).

5.1.2.1 Análise de Aldicarb

O Aldicarb trata-se de substância do grupo dos carbamatos, presente no produto comercial Temik[®], com finalidade inseticida e nematicida, sendo formulado pela impregnação de grânulos de gesso com solução de aldicarb e um agente de liga, recebendo ainda uma camada de cobertura. Tal formulação visa à redução da formação de poeira e conseqüente risco de exposição por via cutânea. Assim, o produto apresenta-se na forma de grânulos de cor cinzaescuro. O aldicarb na forma de grânulos é amplamente encontrado no comércio irregular sob o nome “chumbinho”, sendo indevidamente utilizado como raticida (SABINO, 2015).

O diagnóstico da intoxicação por aldicarb é embasado, via de regra, na avaliação clínica e na medida da atividade das colinesterases plasmática e eritrocitária. A possibilidade do emprego de análise química para a identificação do agente tóxico no material biológico de indivíduos intoxicados pode auxiliar o clínico na prestação do atendimento ao paciente e no estabelecimento de medidas de prevenção, além de ser indispensável em situações que envolvam litígios (XAVIER, 2007).

O material (alimento) supostamente contaminado e recebido nestas condições apresenta características diversas, podendo ser essencialmente líquido (café, leite, sopas, sucos e outras bebidas) ou sólido (carne crua ou preparada, biscoitos

recheados, confeitos etc) (XAVIER, 2007).

No trabalho de (XAVIER, 2007), foram utilizados amostras de suco gástricos de cães e gatos supostamente mortos por intoxicação de aldicarb, utilizando método analítico qualitativo com cromatografia de camada delgada. Foram utilizados 50 amostras de suco gástrico de gatos e cães mortos supostamente por intoxicação de aldicarb, adicionou-se a solução com a amostra diclorometano, acetona, éter de petróleo, cloreto de sódio, sulfato de sódio anidro, cloreto de platina e iodeto de potássio.

As amostras foram homogeneizadas com bastão de vidro, mantidas em temperatura ambiente por 60 minutos e submetidas à metodologia analítica.

Os resultados mostraram que em todas as amostras demonstraram a presença de aldicarb, e, como foram feitas em várias soluções, demonstrou-se capaz de identificar amostras de aproximadamente 10µg/g de amostra.

5.1.3 - Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC)

A cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) é uma técnica responsável por grandes avanços na área cromatográfica. A HPLC utiliza suporte com partículas diminutas responsáveis pela alta eficiência, sendo um método adequado para separação de espécies iônicas e macromoléculas. Devido à utilização de colunas com grande capacidade de separação a realização da HPLC requer a utilização de equipamentos específicos, com o uso de bombas e colunas que suportem altas pressões necessárias para eluição da fase móvel. Assim a realização da HPLC necessita da utilização de um cromatógrafo (Figura 21 e 22) composto de bomba, coluna cromatográfica, detector e registrador (GOULART et al., 2012).



Figura 21 - Cromatógrafo líquido de alta eficiência (Disponível em: <http://gepronas.ufsc.br/infraestrutura-3/equipamentos/>)

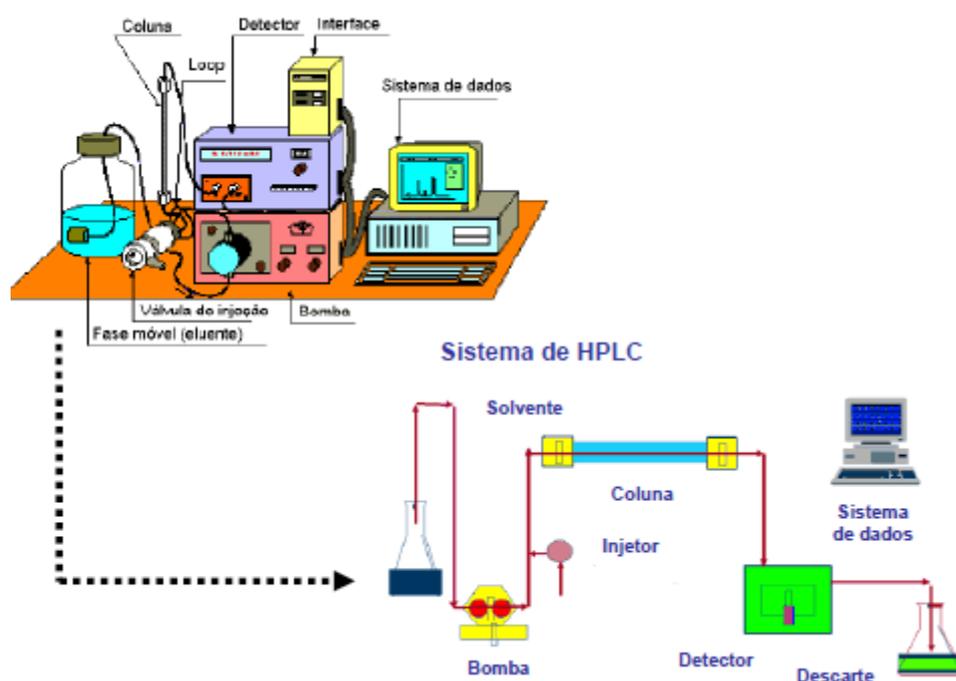


Figura 22 - Instrumentação da Cromatografia líquida de alta eficiência (JESUS, 2015).

A cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) é um método onde a fase móvel é um líquido que passa sob alta pressão no interior da fase estacionária para assegurar um fluxo constante e assim, garantir uma separação mais eficiente do que outros métodos de cromatografias líquidas (TONHI et al., 2002). A fase móvel deve ser um solvente que dissolva a amostra sem que qualquer interação química ocorra

entre ambas. A fase estacionária dever ser compatível com o detector, possuindo polaridade adequada para permitir a separação adequada dos componentes da amostra. Já a coluna cromatográfica deve ser confeccionada de material inerte e que resista a altas pressões. Por fim os detectores devem apresentar ampla faixa de aplicação, sendo que os mais utilizados são os espectrais (GOULART et al., 2012).

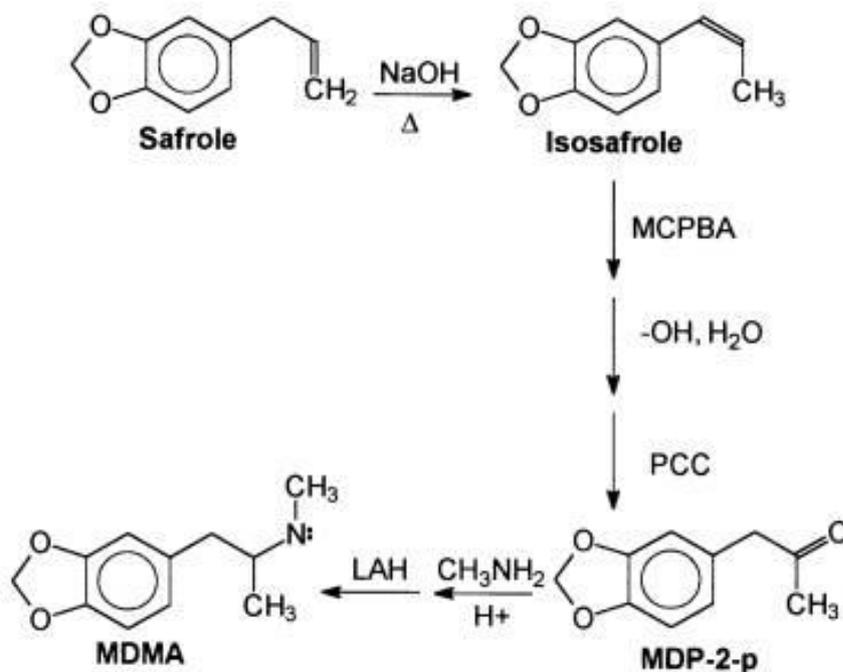
A técnica tem como vantagem a sua adaptabilidade para determinações quantitativas com boa sensibilidade, a possibilidade de separar espécies não voláteis e termicamente instáveis (TONHI et al., 2002).

5.1.3.1 Aplicações da Cromatografia Líquida de Alta Eficiência à Análise Forense

5.1.3.1.1 *Análise Ecstasy*

O composto 3,4-metilenodimetoxianfetamina (MDMA), um dos componentes ativos mais encontrados no mercado do ecstasy, é um derivado anfetamínico, classificado como droga alucinógena. Além do MDMA, outras anfetaminas, seus derivados e compostos como cafeína, aspirina e paracetamol são normalmente encontrados. Portanto, o termo ecstasy normalmente é usado quando se refere a droga na forma como ela é vendida, onde a sua composição total é desconhecida (ROMÃO et al., 2011).

Segundo a ONU, o aumento no número de apreensões de determinada classe de drogas de abuso é indicativo do aumento no consumo desta substância. Este crescente aumento no consumo está na vantagem de como é uma droga sintética, não precisa de espaço para o cultivo, como outras drogas, e de que a síntese da MDMA são relativamente simples e de fácil camuflagem, pois os comprimidos podem ser de qualquer formato, cor e tamanho (ROMAO et al., 2011).



**Figura 23 - Síntese mdma (Disponível em: <
<http://www2.dq.fct.unl.pt/cadeiras/qpn1/molweb/2002/ecstasy/S%C3%ADntese%20do%20Ecstasy.htm>>).**

O trabalho de Costa et al. (2009) descreve a determinação de 3,4-metilenodioximetanfetamina (MDMA) em comprimidos de Ecstasy por cromatografia líquida de alta eficiência com detecção por fluorescência.

Em 47 comprimidos com resultado positivo em MDMA divididos por suas características físicas, foram triturados completamente e adicionados metanol, e após a solução, uma alíquota de 1 ml foram transferidas para um balão volumétrico de 100 ml e completou-se com água e assim feito a análise (COSTA et al., 2009).

A importância de se fazer a análise em cromatografia líquida de alta eficiência é que as substâncias são termolábeis e sofrem degradação no bloco de injeção do cromatógrafo a gás, e assim teriam que ser necessários outros tipos de reações de derivatização, o que implicaria em um custo e tempo de análise maiores (COSTA et al., 2009).

Os resultados obtidos mostram que nos comprimidos há variação em níveis de MDMA, o que é evidenciado na comparação entre outros lotes, o que prova é que

não existe controle na produção dos comprimidos. Esta análise mostra que caso uma pessoa tenha uma grande variação no consumo da droga, e se há uma mudança no fornecedor, está pode aumentar o nível de intoxicação de forma drástica, levando a uma superdosagem(COSTA et al., 2009).

Outra forma de identificação de MDMA em comprimidos de ecstasy foi feito pela análise de EASI-MS, no trabalho descrito por Romão et al. (2011), onde um spray de ácido fórmico em metanol é preparado, sob uma vazão de $20 \mu\text{L min}^{-1}$ e uma pressão de 7 bar, onde o ângulo entre a entrada do espectrofotômetro e a fonte de ionização foi de 45° . O tempo de cada análise foram de aproximadamente 10 segundos.Os resultados demonstram que em dez replicatas de corridas cromatográficas que as soluções padrões de MDMA tiveram valor de $3,0 \mu\text{g}$ com variação de 0,2. Assim demonstra uma técnica bem conceituada na análise de comprimidos de Ecstasy.

5.1.3.1.2. Análise de Cocaína

A cocaína é um alcalóide encontrado e isolado de folhas do vegetal *Erytroxylum coca* Lam, um arbusto ramificado originário da zona tropical dos Andes. Ilegal em vários países do mundo, a cocaína pode ser comercializada, principalmente sob duas formas: a) na forma de cloridrato; ou b) na forma de base livre (pasta base, cocaína base livre, merla, free-base e crack). A principal diferença entre as formas está na via de administração: o cloridrato, normalmente um pó branco e cristalino, é administrado por via intravenosa e por inalação intranasal, já a cocaína base livre é administrado via intrapulmonar, por apresentar baixo ponto de fusão e volatilizar-se em torno de 95°C (ROMÃO et al., 2011)

Com um menor custo do que o cloridrato de cocaína, a “pedra” ou crack é hoje uma das drogas em grande expansão no mercado ilícito, principalmente entre os indivíduos de classes populacionais de menor poder aquisitivo (ROMÃO et al., 2011)

No trabalho de OLIVEIRA et al. (2009) foram analisadas amostras de cocaína e

crack para determinação de padrões de cocaína purificados na técnica de cromatografia líquida de alta eficiência, onde foram dissolvidas em acetonitrila e divididas em diferentes volumes e padrões.

Os resultados demonstraram presença de cocaína em todas as amostras analisadas, com teores nas amostras de cocaína entre 37,4% e 95,6% e nas de crack 13,6% e 21,6% demonstrando o menor teor de crack em relação com cocaína, como esperado. Além disso, a técnica se mostrou boa repetibilidade e acuracidade, além de uma alta frequência nas análises, cerca de 80 análises/dia (OLIVEIRA et al., 2009).

5.1.3.1.3 Análise de Ácido Lisérgico

A dietilamida do ácido lisérgico (LSD) é uma substância semissintética, produzida a partir do ácido lisérgico, alcalóide produzido pelo *Claviceps purpurea*, fungo pertencente ao gênero *Claviceps*, que representa um grupo de ascomicetos patogênicos. Pode ser sintetizado por diversas rotas, partindo-se do ácido lisérgico natural ou produzido a partir da ergometrina ou ergotamina (LORDEIRO, 2011).

O LSD é considerado uma das substâncias psicotrópicas mais potentes, é ingerido de forma oral e encontrando geralmente em forma de selos de papel ou comprimidos, em concentrações entre 25 e 150 µg da substância (LORDEIRO, 2011).

Na determinação para quantificar o LSD em selos por Marinho e Leite (2010), foi utilizada a técnica de cromatografia líquida de alta eficiência, onde a solução com amostras foi adicionado de acetonitrilo e carbonato de amônio. O método apresentou boa linearidade e precisão, assim como limites e seletividade em diferentes níveis de concentrações.

Os resultados obtidos mostraram linearidade de precisão satisfatória, com limites de detecção e quantificação de 0,01 e 0,05 µg LSD/selo e média de 67,55 µg de LSD/selo, comprovando que a técnica apresentou um desempenho satisfatório para determinação de LSD.

5.1.4. Cromatografia gasosa

A cromatografia gasosa (CG) é uma das mais importantes técnicas analíticas disponíveis atualmente. Em curto espaço de tempo tornou-se a principal técnica para separação e determinação de compostos voláteis e/ou volatilizáveis. O poder de resolução excelente alcançado permite a determinação de dezenas de compostos diferentes em matrizes complexas. Outro diferencial da técnica vem a ser sua grande sensibilidade e elevada detectabilidade. A cromatografia gasosa pode ser aplicada em amostras gasosas, líquidas ou sólidas, desde que os analitos sejam voláteis ou possam ser volatilizados sem sofrer decomposição térmica (PENTEADO; MAGALHÃES; MASINI, 2008).

A CG é uma técnica muito utilizada para a identificação de várias substâncias em uma mesma amostra por ter uma alta sensibilidade. Essa sensibilidade faz com que a quantidade de amostra a ser utilizada seja pequena (em μg). Essa técnica apresenta algumas desvantagens, pois depende da volatilidade do analito, mas como vantagem, apresenta elevada capacidade de separação e é operacionalmente simples (RONSANI, 2010).

Em linhas gerais, os principais componentes de um cromatógrafo a gás são: cilindro de gás (1), controlador de vazão (2), injetor (3), coluna (4), detector (5), aquisição de dados (6) e sistema de controle do instrumento (7) (RONSANI, 2010) (Figuras 24 e 25).



Figura 24 -Cromatógrafo Gasoso (SHIMADZU, 2015)

<http://www.shimadzu.com.br/analitica/produtos/gc/gcxcg-qms.shtml>).

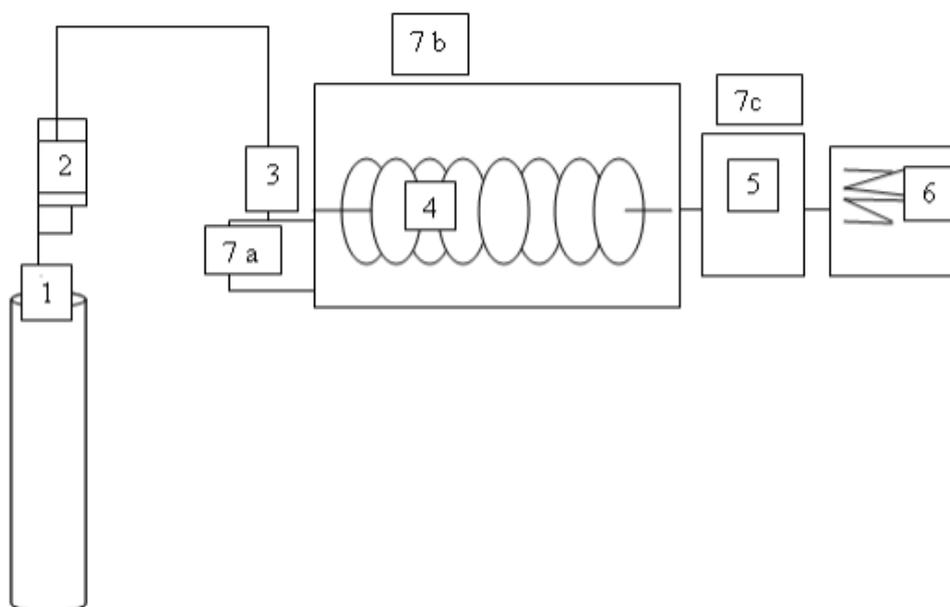


Figura 25 - Instrumentação de Cromatografia Gasosa (RONSANI, 2010).

A amostra é introduzida no injetor aquecido (com o auxílio de uma micro-seringa), onde é vaporizada e transferida com o auxílio do gás de arraste para a coluna cromatográfica colocada dentro de um forno pré-aquecido. Os componentes da amostras são eluídos e conduzidos para o detector conectado na saída da coluna. O detector emite um sinal elétrico que é registrado graficamente sob a forma de picos (PENTEADO; MAGALHÃES; MASINI, 2008).

A cromatografia gasosa classifica-se, de acordo com a natureza da fase estacionária, em cromatografia gás-sólido (CGS) e cromatografia gás-líquido (CGL).

Na cromatografia gás-sólido (CGS), a fase estacionária é um sólido com uma grande área superficial e a separação baseia-se em mecanismos de adsorção das substâncias neste sólido. A CGS é usada principalmente na análise de gases permanentes e compostos apolares de baixa massa molecular (RONSANI, 2010).

Na cromatografia gás - líquido (CGL) a fase estacionária é um líquido pouco volátil, recobrendo um suporte sólido ou as paredes de colunas capilares. A separação baseia-se em mecanismos de partição das substâncias entre a fase líquida e a fase

gasosa. A utilização CGL corresponde à cerca de 95% do total de aplicações (RONSANI, 2010).

5.1.4.1. Aplicação da Cromatografia Gasosa à Análise Forense

5.1.4.1.1 Análise de Etanol no Sangue

O etanol é o constituinte essencial de bebidas alcoólicas e, certamente, é a droga de abuso mais antiga dentre as conhecidas hoje. Atualmente, o consumo abusivo de álcool se configura como um dos maiores problemas de saúde pública no mundo (AKKARI, 2015).

A determinação de etanol em sangue é uma das análises mais frequentes e importantes realizadas pelos laboratórios de toxicologia clínica e forense, com nível máximo aceitável em sangue de 0,2 g/L, determinado pela legislação brasileira para a condução de veículos. Além do etanol, outros compostos voláteis de relevância toxicológica também devem ser determinados em amostras biológicas. Os álcoois metanol e isopropanol também são depressores do sistema nervoso central, com níveis tóxicos inferiores ao do etanol, responsáveis por diversas intoxicações fatais (FELTRACO; ANTUNES; LINDEN, 2009).

A detecção e quantificação do etanol são de grande importância tanto para pesquisas como para a prática clínica, âmbito forense, monitorização do uso de álcool no ambiente ocupacional e em outras situações onde o consumo de álcool é inadequado (AKKARI, 2015).

Na análise de Feltraco, Antunes e Linden (2009), onde procurou a determinação de acetaldéido, metanol, etanol, acetona e isopropanol utilizando a cromatografia gasosa em amostras de sangue. Com 100 µL de amostra, 50 µL de n-propanol como solução de trabalho de padrão interno e 400 µL de água destilada, em tubo de ensaio com tampa de rosca, contendo cloreto de sódio, onde a solução foi homogeneizada e levada para análise.

Os resultados demonstraram precisão, exatidão e sensibilidade na técnica, que são adequados para o diagnóstico das intoxicações por estes compostos (FELTRACO, 2009).

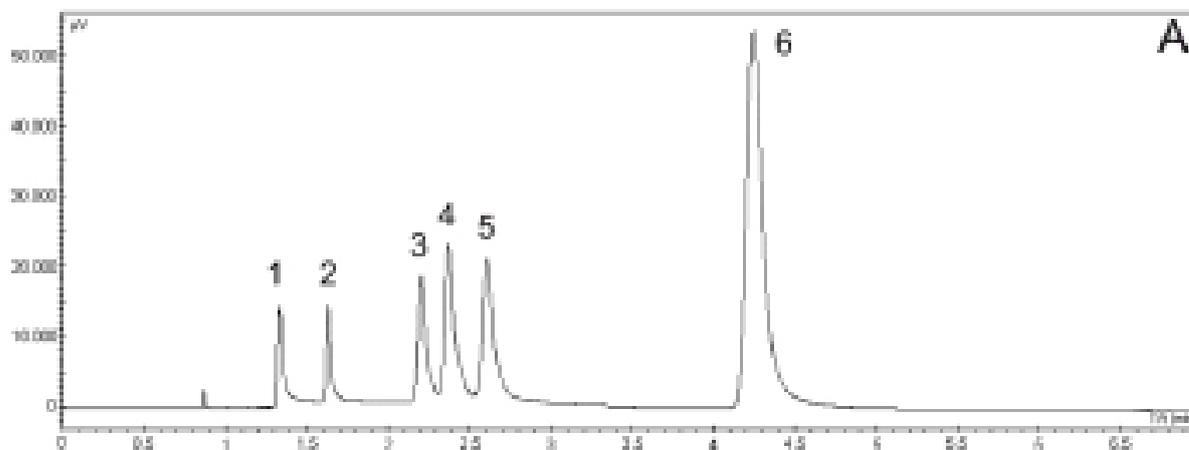


Figura 26 - Resultado cromatográfica: (1) acetaldeído, (2) metanol, (3) etanol, (4) acetona, (5) isopropanal, (6) propanal (FELTRACO, 2009).

5.2 ELETROFORESE CAPILAR

A eletroforese capilar (CE) é uma técnica separativa muito sensível, que foi desenvolvida com base nos conhecimentos adquiridos com a cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). Embora esteja relacionada com a eletroforese clássica em gel, difere desta de muitas formas. A CE permite a separação de biomoléculas com uma eficiência muito superior à que é possível em HPLC, e permite também a quantificação de pequenas moléculas que não podem ser analisadas por eletroforese em gel (UALG, 2015). Apresenta-se como técnica analítica complementar à HPLC e GC. A Tabela 2 abaixo apresenta uma comparação racional entre estas três técnicas de separação (COSTA, 2008).

Técnica	Vantagens	Desvantagens	Soluções
CG	Alta capacidade de separação dos picos; Alta sensibilidade e seletividade	Inadequada para análise de compostos polares, termolábeis e de baixa volatilidade; Consumo de gases de alta pureza	Uso de reações de derivatização
HPLC	Permite a análise de compostos orgânicos, mesmo os termoinstáveis; Maior flexibilidade para otimização das separações, por permitir a variação tanto da fase móvel quanto da fase estacionária; Facilidade de automação e acoplamento a sistemas de preparo de amostras "online".	Menor capacidade de separação; Grande consumo de solventes orgânicos; Elevado custo operacional	Desenvolvimento de colunas analíticas mais eficientes e de menor tamanho, permitindo melhores separações e menor consumo de solventes
CE	Alta capacidade de separação; - Baixo consumo de solventes; - Menor necessidade de preparo de amostras.	Alta sensibilidade	Preparo de amostras com etapa de pré-concentração; - Uso de procedimentos eletroforéticos de pré-concentração "online". - Utilização de detectores altamente seletivos (como os detectores de fluorescência induzida a laser ou espectrômetros de massas).

Tabela 2 -Comparação entre as principais técnicas de separação utilizadas em toxicologia forense (COSTA, 2008).

A eletroforese capilar na área investigativa é muito usada para descobrimento de DNA de corpos carbonizados, ajudando assim identificar a vítima, além de análise de drogas lícitas e ilícitas (AGENCIA FAPESP, 2015).

5.3 ESPECTROMETRIA DE MASSAS (MS)

A espectrometria de massas é uma técnica usada para o estudo das massas de átomos, moléculas ou fragmentos de moléculas. Para se obter um espectro de massa, as moléculas devem estar no estado gasoso e após isso, partir de fases condensadas para serem ionizadas. Trata-se de uma técnica destrutiva, ou seja, necessita-se de alíquotas das amostras que serão destruídas no decorrer da

análise, porém é uma técnica com bastante sensibilidade, sendo amplamente utilizada em diversas aplicações (MOTA; DI VITTA, 2014).

A partir do reservatório do sistema de amostragem, moléculas neutras são inseridas no espectrômetro, o qual apresenta feixes de elétrons responsáveis pela ionização dessas moléculas. Placas aceleradoras e de focalização mandam esses íons na direção de um tubo analisador, porém antes passam por um campo magnético, para que pela diferença de suas cargas e massas, sofram diferença na trajetória. O campo separa os íons em um padrão chamado espectro de massas. A leitura dos espectros possibilita conhecer ou comparar com espectros de bancos de dados, a identidade das espécies-problema (MOTA; DI VITTA, 2014).

Existem diferentes tipos de espectrômetros, suas escolhas dependem especificamente do tipo de analito que está sendo trabalhado, quanto a sua quantidade e sensibilidade, por exemplo (ROMÃO et al., 2011).

5.3.1 Aplicações da Espectrometria de Massas (MS) à Análise Forense

5.3.1.1 Análise Maconha

A maconha é um psicoativo, produzida que provoca alterações mentais, a partir da planta *Cannabis Sativa*. A maconha contém cerca de 400 substâncias químicas, porém o responsável pelo psicoativo é o THC (delta-9-tetraidrocanabinol). A maconha é usualmente fumada em forma de cigarros ou em cachimbos, porém pode ser misturada a comida ou feito chá da planta. Quando fumada, o THC passa pelos pulmões e cai na corrente sanguínea, que transporta a substância química para os órgãos, inclusive ao cérebro. No cérebro, O THC se conecta a sítios chamados receptores canabinoide nas células nervosas e influencia a atividade dessas células. Pressão, memória, concentração, percepção sensorial e de tempo, podem ser afetados com seu uso (MOTA; DI VITTA, 2014).

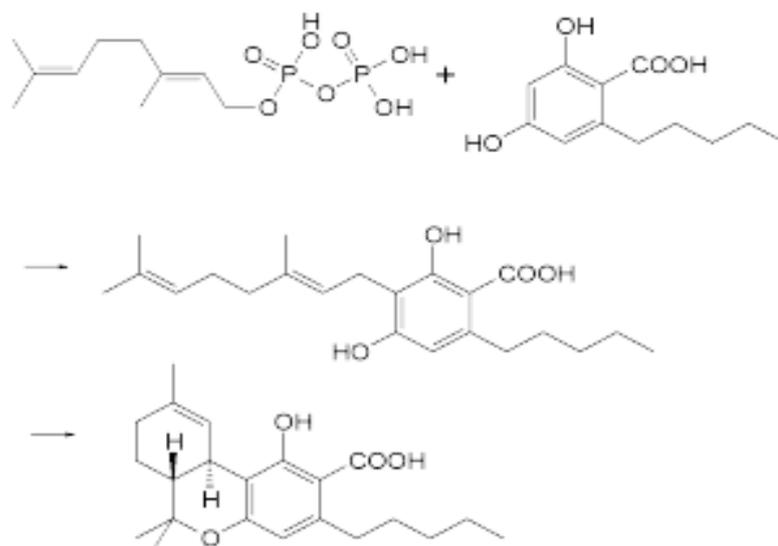


Figura 27 - Síntese THC (RODRIGUES, 2015).

Na planta do canábis, o THC apresenta-se essencialmente como ácido tetrahydrocannabinólico (THCA, 2-COOH-THC). Geranilpirofosfato (GPP) reage com o ácido olivetólico, através de ação enzimática, originando ácido anabigerólico, que é catalisado pela enzima THC ácido sintase, dando origem ao THCA. Como tempo, ou por aquecimento, o THCA é descarboxilado, produzindo-se THC (RODRIGUES, 2015)

A determinação de Cannabis pode ser feita espectrometria de massa, como descrito por OLIVEIRA (2005), onde se usou a técnica de microextração em fase sólida por headspace. Uma amostra de cabelo de 10 mg foi descontaminada com diclorometano, e após isto, adicionou 50ng do padrão interno deuterado na amostra, e assim foi feita a hidrólise com NaOH e submetido a análise.

Os resultados foram mais efetivos quando o usuário era de alta frequência de consumo, neste caso, todas as amostras demonstraram-se que é um método rápido, preciso, prático e linear. Para usuários de pouca frequência, não demonstrou-se um valor satisfatória, pois os níveis ficaram abaixo do nível de detecção, que seria de 0,07ng/mg (OLIVEIRA/2009).

5.4 EASY AMBIENT SONIC-SPRAY (EASI-MS)

A técnica EASI-MS é um processo de ionização que é feito por um spray (metanol acidificado) sônico, não havendo a necessidade de alta voltagem (fonte de elétrons), nem alta temperatura. O spray sônico passa por um tubo, arrastado por ar comprimido, atingindo assim a amostra, onde ocorre uma dessorção e sua ionização. A técnica EASI-MS está ganhando muito espaço devido ao seu simples procedimento e também por ser considerada uma técnica não destrutiva. A técnica pode ser utilizada na identificação de drogas ilícitas e na análise de documentos falsificados, por exemplo (MOTA; DI VITTA, 2014).

Atualmente, a técnica EASI-MS vem sendo utilizada pelo Laboratório Thomson do Instituto de Química da Unicamp como uma técnica de *screening* para a identificação de várias classes de drogas de abuso. A maior parte da pesquisa é destinada à elucidação das novas drogas que estão sendo comercializadas, como é o caso de *ecstasy*, cocaína e LSD. (ROMAO et al., 2011).

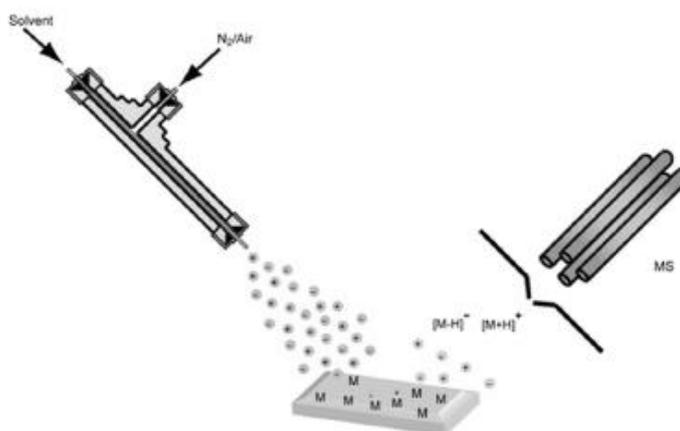


Figura 28 - Técnica EASY-MS(ROMAO et al., 2011).

A técnica EASI-MS também permite acoplar em seu sistema de ionização métodos de separação como cromatográficas de camada delgada, uma técnica de baixo custo e de grande versatilidade, gerando o sistema chamado TLC/EASI-MS (ROMAO et al., 2011).

Ao analisar, como descrito por Sabino/2010 vários padrões de MDMA, MDA, metilendioxianfetamina, MDEA, 3,4-metilendioxietilamfetamina, cafeína, cetamina, metanfetamina e anfetamina, comparando as distâncias de retenção com amostras "reais" de *ecstasy* apreendidas. Usando o sistema TLC/EASI-MS, após a otimização do sistema cromatográfico, foi possível analisar os spots, confirmando assim o ingrediente ativo presente na amostra analisada. Dessa forma, resultados falso-negativos podem ser totalmente excluídos. Usando como sistema eluente CH₃OH/NH₄OH (98/2 v %), é possível obter valores de fatores de retenção diferentes para a maioria dos padrões analisados, material suplementar, com exceção do MDMA (principal princípio ativo encontrado nos comprimidos de *ecstasy*) e da metanfetamina.

5.5 ESPECTROSCOPIA RAMAN

A espectroscopia Raman vem se tornando uma ferramenta muito importante na análise de problemas forenses, como a comparação de tintas e também no sequenciamento do cruzamento de traços. Irradiando-se a amostra com uma potente fonte de laser de radiação monocromática no visível ou no infravermelho próximo, têm-se os espectros Raman, que, em geral, fornecem informações complementares aos correspondentes no infravermelho (ROMAO et al., 2011).

Esse método utiliza uma onda eletromagnética que atinge a superfície de um meio, uma fração da luz é refletida enquanto que o resto é transmitido para dentro do material. Da parcela da radiação transmitida através da superfície, uma fração desta é absorvida na forma de calor e outra é retransmitida na forma de luz espalhada. A luz emergente apresenta em seu bojo uma pequena parcela composta de frequências diferentes daquele incidente. Utiliza-se dois princípios: se a frequência da radiação espalhada for menor que a frequência da radiação incidente, o processo de espalhamento absorve energia, que é retirada do campo de radiação e transformada no meio espalhador, ou caso a radiação espalhada tiver frequência maior que a da radiação incidente, o processo de espalhamento cedeu energia, que

foi retirada do meio espalhador e transformada em energia do campo de radiação(RODRIGUES; SILVA; TRUZZI, 2015).

A técnica vem se mostrando bastante promissora para a análise de tintas envolvendo falsificação de documentos. É possível distinguir vários tipos de tintas com composição química bem similar como, por exemplo, as canetas esferográficas de coloração preta. Análises de cruzamento de traços podem também ser realizadas, independentemente da composição e interação química existente entre a tinta e o substrato evitando, assim, a ocorrência de resultados falso-positivos e vem se mostrando bastante promissora para a análise de tintas envolvendo falsificação de documentos. (ROMAO et al., 2011). A Figura 29 ilustra um espectrometro Raman.



Figura 29 - Espectroscopia Raman (Disponível em: <<http://www.uc.pt/fctuc/ID/qfm/equipamento/espectroscopia-raman>>)

5.5.1 Aplicações da Espectroscopia Raman à Análise Forense

No trabalho de Gomes e Sercheli (2011), demonstra uma análise com a Espectroscopia Raman, onde se consistia na análise de 17 tipos de canetas, com 23

tintas diferentes, fazendo traços em papel sulfite, de vários modos individualmente.

Utilizando comprimentos de onda de 514 nm e 785 nm, os melhores resultados para as cores preta, azul e verde se mostraram no comprimento de 514 nm, já a cor de tinta vermelha, no comprimento de 785 nm (GOMES,2011). A Figura 30 mostra que os espectros podem ser distinguidos, devido a diferença da composição química.

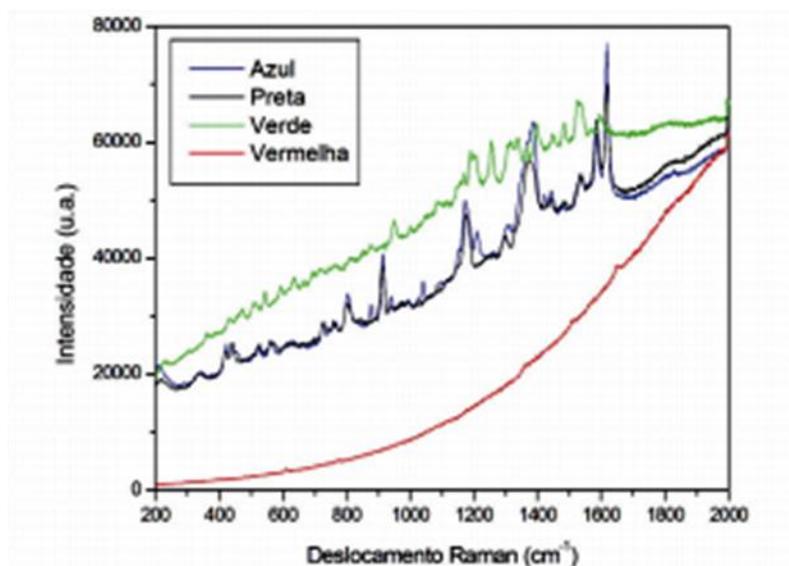


Figura 30 - Espectro de 4 canetas de tintas diferentes (GOMES; SERCHELI, 2011).

Já na análise de mesmas cores entre si, grande parte das amostras puderem ser distinguidas, sendo que as não possíveis, foram de mesma marca, possivelmente de um mesmo lote de tinta (Figura 31)(GOMES; SERCHELI,2011).

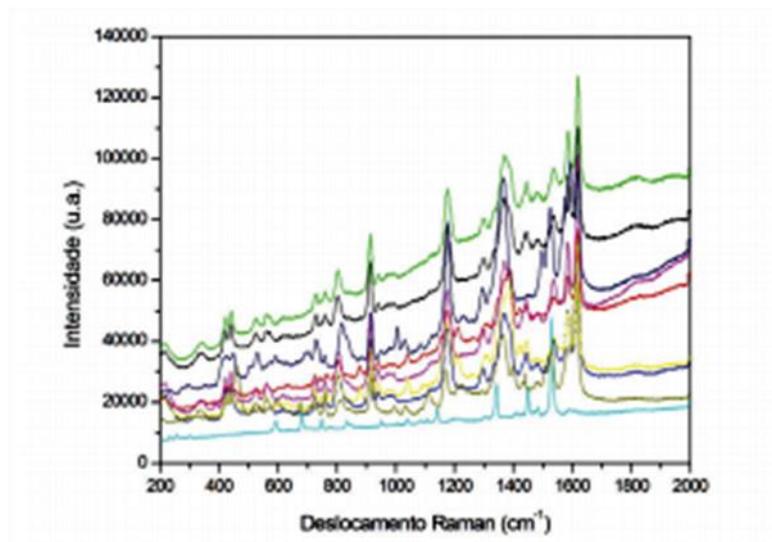


Figura 31 - Espectro de canetas de mesma cor (GOMES; SERCHELI, 2011).

Os resultados mostraram que a técnica se mostra muito eficiente em identificar e distinguir tintas de canetas com pequenas variações na composição química e de cores diferentes, em qualquer traço que possa ser produzido, em qualquer uma das direções.

5.6 ESPECTROMETRIA ATÔMICA

A maioria dos equipamentos modernos de espectrofotometria atômica é capaz de medir tanto a radiação absorvida por uma espécie atômica como a sua emissão. Desta forma é muito importante para o operador compreender os processos que ocorrem em cada uma das técnicas (SILVA JUNIOR; BIDART; CASELLA, 2015)..

Cada elemento tem um número específico de elétrons associados com seu núcleo. A configuração mais estável de um átomo é denominada “estado fundamental” e representa a forma como este é comumente encontrado no estado gasoso. Se uma determinada quantidade de energia é aplicada sobre o átomo e esta é absorvida, um dos elétrons mais externos será promovido a um nível energético superior, levando o átomo a uma configuração energética menos estável denominada “estado excitado”. Uma vez que esta configuração é instável, o átomo retorna imediatamente para o

“estado fundamental”, liberando a energia absorvida sob a forma de luz (SILVA JUNIOR; BIDART; CASELLA, 2015)..

Esses dois processos (absorção e emissão de luz) são explorados, com fins analíticos, através das técnicas de Emissão Atômica e Absorção Atômica (SILVA JUNIOR; BIDART; CASELLA, 2015)..

5.6.1 Espectrometria de Absorção Atômica

A espectrometria de absorção atômica (AAS) é hoje uma técnica largamente difundida e empregada para a determinação de elementos traço nas mais diversas amostras(BORGES, 2011). Esta técnica permite determinar quantitativamente, com sensibilidade suficiente, mais de 60 elementos. Utiliza basicamente o princípio de que átomos livres (estado gasoso) gerados em um atomizador, que são capazes de absorver radiação de frequência específica que é emitida por uma fonte espectral; a quantificação obedece desta forma, os princípios da lei de Beer. Em instrumentos convencionais, usualmente uma fonte de radiação específica para cada elemento (fonte de linha) é utilizada, o que implica que apenas as linhas do próprio elemento são emitidas pela fonte(MUSTRA, 2009).

Sinteticamente, pode-se enumerar as vantagens dos instrumentos de AAS em:

- O desenho relativamente simples e barato, uma vez que não há necessidade de monocromadores de alta resolução,
- A alta seletividade e especificidade devidas ao uso de uma fonte de linha específica para determinado elemento e ao princípio da modulação,
- As reduzidas interferências espectrais ocasionadas por sobreposição de linhas de outros elementos (em especial em comparação à espectrometria de emissão óptica – OES), uma vez que há um número significativamente menor de linhas de absorção que de emissão, e
- A tolerância relativamente alta da chama e de atomizadores eletrotérmicos com forno de grafite frente a constituintes da matriz(BORGES et al., 2011)

Na absorção atômica a grandeza que interessa medir é a quantidade de radiação que é absorvida, ao comprimento de onda de ressonância de um determinado elemento, após atravessar uma nuvem de átomos. À medida que o número de átomos existentes no caminho que a luz atravessa aumenta, a quantidade de luz absorvida também aumenta de uma forma possível de prever, de acordo com os princípios da lei de Beer. Medindo a quantidade de luz (ou radiação) absorvida, torna-se possível a determinação quantitativa do analito (elemento) presente (SILVA JUNIOR; BIDART; CASELLA, 2015).

A utilização de fontes de luz específicas e a seleção cuidadosa dos comprimentos de onda permite a determinação quantitativa de um determinado elemento na presença de outros (SILVA JUNIOR; BIDART; CASELLA, 2015).

5.6.2 Espectrometria de Emissão Atômica

Na técnica de emissão atômica, estão envolvidos os processos de excitação (absorção de energia) e decaimento (liberação de energia), mostrados na Figura 32.

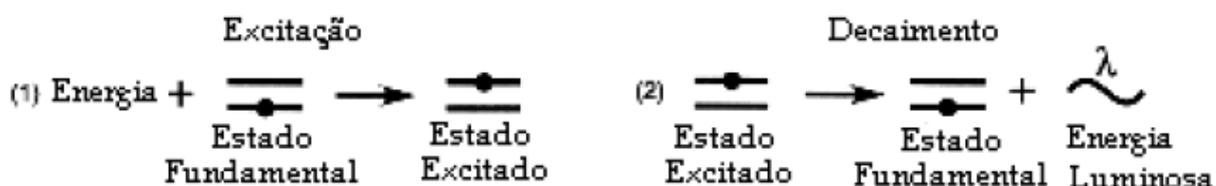


Figura 32: Processos de Excitação e Decaimento de Energia de um Elétron (SILVA JUNIOR; BIDART; CASELLA, 2015).

Na técnica de emissão o átomo é colocado em um ambiente com alta disponibilidade de energia a fim de serem produzidos átomos no “estado excitado”. Este ambiente pode ser obtido por meio de chama, em forno de grafite, ou, mais recentemente, através de um plasma. Nas fontes de luz para absorção atômica (lâmpadas de cátodo oco), o estado excitado é obtido por colisão do átomo com partículas aceleradas (elétrons ou íons). Os átomos excitados, sendo instáveis,

retornam espontaneamente para o “estado fundamental”, emitindo luz. O espectro de emissão de uma espécie atômica consiste numa coleção de comprimentos de onda de emissão denominadas linhas de emissão, por causa de sua natureza discreta. A intensidade de uma linha de emissão aumenta na medida em que aumenta a proporção de átomos excitados para aquele estado específico de um dado elemento, em relação à população total dos átomos daquele elemento.

5.6.2.1 Aplicações da Espectrometria de Emissão Atômica à Análise Forense

Disparos por armas de fogo, curtas ou longas, geram uma grande quantidade de vapor contendo material particulado, que é expelido pelas aberturas e folgas presentes na arma.. O material particulado expelido nos gases contém elementos metálicos oriundos do cano (Fe), estojo (Cu, Zn, Ni), projétil (Pb, Sb) e principalmente do iniciador (normalmente Pb, Ba e Sb), além de componentes da pólvora (orgânicos). Esses elementos são coletivamente chamados de resíduos de tiro (em inglês, gunshot residues ou GSR). Resíduos exclusivos do iniciador são designados p-GSR (primer-GSR) (MARTINY; PINTO, 2008).

O trabalho de Reis (2004), descreve como a técnica de espectrometria de massas com fonte de plasma induzido serve como ferramenta analítica na ciência forense, como uma forma de identificação de assinaturas químicas características de um disparo de arma de fogo.

Após uma sessão de disparos com voluntários, a coleta foi realizada nas mãos dos atiradores por meio da técnica de esfregaço, cotonetes contendo solução diluída de EDTA a 2%, em quatro regiões distintas da mão, e colocado dentro de um tubo de centrífuga de 15 mL com tampa de polipropileno (REIS, 2004).

Adicionou-se ao material a ser analisado um volume de 2 mL de uma solução de ácido nítrico suprapuro e submeteu-se a sequência de aquecimentos e banhos ultrassônicos e após esse processo, submeteu-se a análise em um espectrômetro de massas de alta energia com fonte de plasma induzido (REIS, 2004).

Os resultados observados mostram que as assinaturas químicas foram comprovadas pelo aumento significativo na detecção de chumbo e do aparecimento

do antimônio, que antes dos testes chegavam a ser de $0,17 \mu\text{gL}^{-1}$ e após houve aumento de mais de $10 \mu\text{gL}^{-1}$ em todos os voluntários que realizavam os testes, assim demonstrando uma ferramenta eficiente na composição do inquérito policial (REIS, 2004).

6. CONCLUSÃO

O esclarecimento de crimes e a comprovação do uso de drogas de abuso, passam pelas análises críticas da ciência forense. Englobando análises orgânicas e inorgânicas, toxicologia, investigações sobre incêndios criminosos e serologia, suas conclusões servem para embasar decisões judiciais.

Diversas técnicas analíticas químicas estão envolvidas no processo de investigação de crimes e são utilizadas de forma geral, na química forense.

Os primeiros relatos do uso de técnicas analíticas datam do VII e o primeiro registro veio da China, em 1247. Atualmente as técnicas científicas empregadas à investigação de crimes podem ser citadas: balística forense, reações de luminescência, DNA forense, coleta de amostras, exame comparativo de DNA, papiloscopia, técnicas para revelação de digitais. Aliada às técnicas científicas estão os exames laboratoriais, que usam de métodos físicos e químicos para elucidação de evidências criminais.

Entre as técnicas de análise química aplicadas à ciência forense podem ser citadas: técnicas de separação – cromatografia e eletroforese capilar, espectrometria de massas, easyambientsonic-spray, espectrometria Raman e espectrometria atômica.

A cromatografia está fundamentada na migração diferencial dos componentes de uma mistura, que ocorre devido a diferentes interações da amostra com a fase móvel e estacionária empregadas na técnica. Desta maneira está basicamente dividida em cromatografia de camada delgada, líquida de alta eficiência e gasosa.

A CCD é um método essencialmente qualitativo e como tal pode ser empregado na identificação de substâncias, como na análise de Aldicarb®, conhecido como “chumbinho”. Um trabalho desenvolvido por Xavier (2007) mostrou que amostras de suco gástrico de animais domésticos estavam contaminadas por este analito ao nível de partes por milhão.

A HPLC utiliza suporte com partículas diminutas responsáveis pela alta eficiência, sendo um método adequado para separação de espécies iônicas e macromoléculas, onde o emprego de bombas analíticas auxiliam no processo de separação dos

analitos. Entre as aplicações da cromatografia líquida de alta eficiência à análise forense são descritas análises de MDMA e cocaína (ROMÃO et al., 2011) e LSD (LORDEIRO, 2011).

Embora a CG demande a necessidade de volatilidade do analito e sua estabilidade química, tem emprego fundamental à determinação de etanol residual em sangue assim como de seus produtos de oxidação ou substâncias.

A CE permite a separação de biomoléculas com uma eficiência muito superior à que é possível em HPLC e apresenta-se como técnica analítica complementar à HPLC e GC, sendo muito usada para descobrimento de DNA de corpos carbonizados, ajudando assim identificar a vítima, além de análise de drogas lícitas e ilícitas.

Entre todas as técnicas químicas analíticas, uma das quais tem grande emprego na identificação de substâncias é a espectrometria de massas. A MS é uma técnica usada para o estudo das massas de átomos, moléculas ou fragmentos de moléculas. A escolha do aparelho empregado à MS depende do analito, sendo assim, alguns dos seus empregos na análise forense são para análise de drogas de abuso, como maconha, e medicamentos, como estimulantes e antidepressivos.

A técnica EASI-MS está ganhando muito espaço devido ao seu simples procedimento e também por ser considerada uma técnica não destrutiva, sendo similar no que se refere aos empregos da espectrometria de massas.

A espectrometria atômica divide-se nos processos de absorção e emissão de energia por elétrons. Seu principal emprego se refere à análise de resíduos de substâncias metálicas. Armas de fogo, armas “brancas”, podem deixar evidências detectáveis por esta técnica.

A química forense é considerada, desse modo, uma ramificação da ciência forense, que utiliza técnicas e conceitos químicos para investigar a contribuição de determinados fatores na realização de delitos de modo a fornecer significativa colaboração à ciência forense. Observa-se com esta revisão que a química analítica, seu conhecimento e habilidade de manipulação, são uma frente da ciência que estuda a composição e transformação da matéria.

REFERÊNCIAS

A PAGINA DO MONTEIRO. **Conceitos Fundamentais de Balística**. Disponível em <<http://www.apaginadomonteiro.net/balistica.htm>>. Acesso em 21 de julho de 2015.

AGENCIA BRASIL. **Ciência e Tecnologia garantem segurança na identificação humana**. Disponível em <<http://memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/noticia/200302-14/ciencia-e-tecnologia-garantem-seguranca-na-identificacao-humana>>. Acesso em 09 de abril de 2015.

AGENCIA FAPESP. **Novas tecnologias vão revolucionar uso do teste de DNA**. DISPONÍVEL EM <http://agencia.fapesp.br/novas_tecnologias_vao_revolucionar_uso_do_teste_de_dna/17256/>. Acesso em 12 de julho de 2015.

AGUIAR, Antonio Maciel Filho. **Noções Gerais de Papiloscopia**. Disponível em <http://www.teseconcursos.com.br/login/maciel/intro_papi.pdf>. Acesso em 15 de outubro de 2015.

AKKARI, Alessandra Cristina Santos; LIMA, Elizabete Campos de. **Padronização de informações sobre metodologias analíticas para a determinação dos níveis de álcool (etanol) em diferentes amostras biológicas**. Disponível em <http://ic.ufabc.edu.br/II_SIC_UFABC/resumos/paper_5_103.pdf>. Acesso em 22 de outubro de 2015.

ANDRADE, Debora; PRADO, Fernanda, RODRIGUES, Meire; SILVA, Solange. **Relatório de aula prática – cromatografia em camada delgada**, 2010, 6p. Universidade Anhembí Morumbi, 2010.

ANDRADE, Paula B. M. De. **Cianoacrilato, c5h5no2**. Disponível em: <<http://qnint.s bq.org.br/novo/index.php?hash=molecula.105>>. Química Nova Interativa. Acesso em 23 de setembro de 2015.

BARBOSA, André. **Comparação entre os cristais de teichmann no Sangue humano e de animais e sua importância Pericial**, 2000, 77p. Dissertação - Faculdade de Odontologia de Piracicaba - Universidade Estadual de Campinas, Piracicaba, SP, 2000.

BORGES, Daniel L. Gallindo; CURTIUS, Adilson José; WELZ, Bernhard; HEITMANN, Uwe. **Fundamentos da espectrometria de absorção atômica de alta resolução com fonte contínua**, 2011, 8p. Trabalho Acadêmico – Departamento de Química - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2011.

BRANCO, Regina O.; ALEIXOU, Ana Maria D. P.; FARIA, Dalva L. A.; Toma, Henrique E.; SARKIS, Jorge E. S.; SOUZA, Luiz W. C.; BRANCO, Márcio O.; SALVADOR, Vera L. R. **Química Forense sob olhares eletrônicos**. Campinas-SP. Millenium Editora, 2005.

CALVACANTI, Jessica Belber. **Balística forense e lesões por projéteis**. Disponível em <<http://jus.com.br/artigos/31596/balistica-forense-e-lesoes-por-projetteis>>. Acesso em 15 de setembro de 2015.

CHEMELLO, Emiliano. **CIÊNCIA FORENSE: IMPRESSÕES DIGITAIS**. Quimica.NET. Disponível em <http://www.quimica.net/emiliano/artigos/2006dez_forense1.pdf>. Acesso em: 15 de junho de 2014.

CHEMELLO, Emiliano. **CIÊNCIA FORENSE: IMPRESSÕES DIGITAIS**. Quimica.NET. Disponível em <http://www.quimica.net/emiliano/artigos/2007jan_forense2.pdf>. Acesso em: 18 de novembro de 2015.

POCKET MAC LABS 2014. **Sorologia Forense**. <<http://www.pocketmaclabs.com/sorologia-forense/>>. Acesso em 14 de julho de 2015.

COSTA, José Luiz da. **Eletroforese capilar como ferramenta analítica para toxicologia forense**, 2008, 185p, Tese – Instituto de Química – Universidade de São Paulo, SP.

COSTA, José Luiz da; PINTAO, Estela Regina; CORRIGLIANO, Célia Maria Castro; NETO, Osvaldo Negrini. Determinação de 3,4-metilenodioximetanfetamina (MDMA) em comprimidos de Ecstasy por cromatografia líquida de alta eficiência com detecção por fluorescência (CLAE-DF). **Química Nova**, v. 23, n. 4, 2009, p.965-969.

CRIMINALISTICA FORENSE. **Balística Forense – Conceitos e Definições**.

Disponível em <<https://criminalisticaforense.wordpress.com/2011/08/06/conceitos-e-definicoes/>> Acesso em 08 de julho de 2015.

CRONEMBERGER, Pedro de Oliveira. **PROBLEMA INVERSO DE ESTIMATIVA DE PARÂMETROS DE PROPELENTES A PARTIR DA BALÍSTICA INTERNA DE UMA ARMA**, Dissertação, 2012, 84p – Departamento de Ciência e Tecnologia – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.

CRQ, Conselho Regional De Química Iv Região. **Química forense**. Disponível em: <http://www.crq4.org.br/qv_forense>. Acesso em: 07 de maio de 2014.

DNA, Reference. **Investigação de paternidade**. Disponível em <<http://www.dnareference.com.br/educacao-a-distancia/curso-genetica-forense-dna/aula/aula.htm>>. Acesso em 21 de julho de 2015.

DOLINSKY, Luciana Cresta; PEREIRA, Lissiane Miranda Campelo Veras. **DNA Forense**, 2007, 12p., Artigo – Ciências Biológicas – Universidade do Grande Rio DQ, Departamento de Química. **Síntese do MDMA**. Disponível em <<http://www2.dq.fct.unl.pt/cadeiras/qpn1/molweb/2002/ecstasy/S%C3%ADntese%20do%20Ecstasy.htm>>. Acesso em 10 de setembro de 2015.

DUARTE, Leonardo Lopes de Almeida. **Uma breve análise sobre o inquérito policial brasileiro**. Disponível em: <<http://www.conteudojuridico.com.br/artigo,uma-breve-analise-sobre-o-inquerito-policial-brasileiro,43692.html>>. Acesso em 16 julho de 2015

FELTRACO, Lílian de Lima; ANTUNES, Marina Venzon; LINDEN, Rafael. Determinação de etanol e voláteis relacionados em sangue e fluido oral por microextração em fase sólida em headspace associada à cromatografia gasosa com detector de ionização em chama. **Química Nova**, v. 32, n.9, 2009, p.2401-2406.

FERREIRA, Ernesto Correa; ROSSI, Adriana Vitorino. A Quimiluminescência como Ferramenta Analítica: do Mecanismo a Aplicações da Reação do Luminol em Métodos Cinéticos de Análise. **Química Nova**, v.25, n.6, 2002, pag 1003-1011

FREITAS, Antônio Charles; MARCELO, Luís; CALVACANTE, Sammuell. 2012. 12 p. **Luminol**. Trabalho Acadêmico. FAMETA (Faculdade Meta), Rio Branco, Acre, 2012.

GMSM, Global Material Supply Management. **Negros de fumo para borracha.**

Disponível em <<http://www.gmsm.com.br/negrosdefumo>>. Acesso em 22 de outubro de 2015.

GOMES, J.A.; SERCHELI, M.S.. Espectroscopia Raman: um novo método analítico para investigação forense em cruzamento de traços. **Revista Brasileira de Criminalística**, v.1, n.1, 2011, p.22-30.

GOMES, Miriam Silva. **Contributo da Química Forense na Detecção de Drogas de Abuso**, 2013, 112p. Dissertação – Departamento de Química e Bioquímica – Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal.

GOULART, Daniel Silva. **Aplicações das técnicas de cromatografia no diagnóstico toxicológico**, 2012, 37p. Tese - Escola de Veterinária e Zootecnia – Universidade Federal de Goiás, 2012.

INSTITUTO GERAL DE PERICIAS. **Balística forense.** Disponível em:

<http://www.igp.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=75&Itemid=109>. Acesso em 07 julho de 2015

JESUS, Alana de. **Aplicações da cromatografia líquida de alta eficiência (Hplc).** Disponível em <<http://graduandosfarmacia.blogspot.com.br/2014/05/aplicacoes-da-cromatografia-liquida-de.html>>. Acesso em 18 de outubro de 2015.

JUNIOR, Ademário Iris da Silva; BIDART, Antônio Marcos Fonseca; CASELLA, Ricardo Jorgenssen. **Absorção atômica**, 2015, 17p. Trabalho Acadêmico – Departamento de Química – Universidade Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Rio de Janeiro, RJ.

JUNIOR, Ettore Ferrari; RAMOS, Fábio Brito. **Exames presuntivos para detecção de sangue.** Disponível em <<http://jus.com.br/artigos/21490/exames-presuntivos-para-deteccao-de-sangue>>. Acesso em 20 de outubro de 2015.

LASAPE, Laboratório de Síntese e Análise de Produtos Estratégicos. **Detecção de sêmen através da Enzima Fosfatase Ácida.** Disponível em <<http://www.lasape.iq.ufrj.br/semem.html>>. Acesso em 22 de outubro de 2015.

LIMA, A. S. **QUIMICA FORENSE.** Disponível em

<http://unifia.edu.br/revista_eletronica/revistas/gestao_foco/artigos/ano2011/qui_fore

nse.pdf>. Acesso em: 15 de junho de 2014.

LORDEIRO, Rogério Araujo. **Construção de uma fonte easi-ms (easy ambient sonic-spray ionization) para análise direta de superfícies e sua aplicação em amostras de interesse forense**, 2011, 9p. - Dissertação – Departamento de Química - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

MARINHO, Pablo Alves; LEITE, Edna Maria Alvarez. Quantification of LSD in illicit samples by high performance liquid chromatography. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v.46, n.4, 2010.

MARTINY, Andrea; PINTO, André Luiz. Aplicação da Microscopia Eletrônica de Varredura à Análise de Resíduos de Tiro. **Revista Militar de Ciência e Tecnologia**, 3º Quadrimestre, 2008.

MELO, Murilo Rezende; MARTINS, Alvaro Rodrigues; BARBOSA, Ismar Venâncio; ROMANO, Patricia; SHCOLNIK, Wilson. Coleta, transporte e armazenamento de amostras para diagnóstico molecular. **Congresso Brasileiro de Patologia Clínica/Medicina Laboratorial**, 44, 2010. Rio de Janeiro. Brasil. Centro de Convenções SulAmérica, 2010.

MOTA, Leandro; DI VITTA, Patrícia Busko. **Química forense: utilizando métodos analíticos em favor do poder judiciário**, 2014, 11p. Trabalho Acadêmico. Centro de Pós Graduação Oswaldo Cruz, 2014.

MUSTRA, Carla de Jesus Grilo de Oliveira. **Aplicação da técnica de espectrofotometria de absorção atômica na análise de metais e metaloides em amostras biológicas**, 2009, 143p. Dissertação – Faculdade de Medicina – Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal.

NOGUEIRA, Alexandre; COELHO, Helder; VINAGRE, João; DIOGO, Lara, Trabalho Acadêmico. **Csi: a importância da recolha do material biológico**, 2005, 72p. Faculdade de Medicina. Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2005.

OLIVEIRA, Marcelo Firmino de. Química Forense: A utilização da Química na Pesquisa de Vestígios de Crime, **Química Nova na Escola**, v.1, n.24, 2006, p.17-19

OLIVEIRA, Marcelo Firmino de; ALVES, Jacqueline Querino; ANDRADE, José

Fernando de; SACZK, Adelir Aparecida; OKUMURA, Leonardo Luiz. Análise do teor de cocaína em amostras apreendidas pela polícia utilizando-se a técnica de cromatografia líquida de alta eficiência com detector UV-Vis. **Eclética Química**, v.34, n.3, 2009.

PARADELA, Eduardo Ribeiro. **Coleta, documentação e transferência de evidências biológicas destinadas a testes forenses de DNA**. Disponível em <http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=1389>, Acesso em 09 de julho de 2015.

PC, Polícia Civil. **PORTARIA NORMATIVA N° 02/11-CGP/SEJUSP/MS, DE 03 DE JUNHO DE 2011- Estabelece diretrizes e disciplina procedimentos relacionados à atuação das equipes de perícias em local de crime, normaliza outras perícias**. Disponível em <http://www.pc.ms.gov.br/index.php?templat=vis&site=160&id_comp=1961&id_reg=6483&voltar=lista&site_reg=160&id_comp_orig=1961>. Acesso em 18 de novembro de 2015.

PENTEADO, José Carlos P.; MAGALHÃES, Dulce; MASINI, Jorge C.. Experimento didático sobre cromatografia gasosa: uma abordagem analítica e ambiental. **Química Nova**, v. 31, n8, 2008. p. 2190-2193.

PEREIRA, Cinthia Bonetto Cabrera. **A UTILIZAÇÃO DA QUÍMICA FORENSE NA INVESTIGAÇÃO CRIMINAL**. 2010 52p. Trabalho de Conclusão de Curso - Química Industrial - Fundação Educacional do Município de Assis - FEMA – Assis.

PICHETH, Camila. **CSI Las Vegas X CSI Curitiba**. Disponível em <<https://serialcookies.wordpress.com/tag/csi-2/>>. Acesso em 21 de julho de 2015.

PORTAL DA EDUCAÇÃO. **Reações de luminescência em Química forense**. Disponível em <<http://www.portaleducacao.com.br/farmacia/artigos/38183/reacoes-de-luminescencia-em-quimica-forense#!1#ixzz3fpvRZdC5>>. Acesso em 09 de julho de 2015.

PORTAL EDUCAÇÃO. **Técnicas analíticas mais usuais em Química Forense**. Disponível em <<http://www.portaleducacao.com.br/farmacia/artigos/38200/tecnicas->

analiticas-mais-usuais-em-quimica-forense>. Acesso em 15 de julho de 2015.

REAL, Guilherme Vila. **APROVADOS EM CONCURSO PARA PERITO CRIMINAL SÃO NOMEADOS NO ESTADO**. Disponível

em<http://www.oregional.com.br/2013/10/aprovados-em-concurso-para-perito-criminal-sao-nomeados-no-estado_305123>. Acesso em 08 de maio de 2014.

REIS, Edson Luis Tocaia dos; SARKIS, Jorge Eduardo de Souza; RODRIGUES, Cláudio. 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, n. 3, 2004, p. 409-413.

RODRIGUES, Ariano De Giovanni; GALZERANI, José Cláudio. **Espectroscopias de infravermelho, Raman e de fotoluminescência: potencialidades e complementaridades**, 2012, 9 p. Trabalho Acadêmico - Departamento de Física - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2012.

RODRIGUES, Cláudio Vilela; SILVA, Márcia Terra da Silva; TRUZZI, Oswaldo Mário Serra. Perícia criminal: uma abordagem de serviços. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v17n4/a16v17n4.pdf>>. Acesso em 07 de julho de 2015.

RODRIGUES, João. **Tetrahydrocannabinol – Molécula da Semana**. Disponível em <<http://www.fcencias.com/2014/08/14/tetrahydrocannabinol-molecula-da-semana/>>. Acesso em 15 de outubro de 2015.

ROMAO, Wanderson; SABINO, Bruno D.; EBERLIN, Marcos N.; SCHWAB, Nicolas V; BUENO, Maria Izabel M. S.; SPARRAPAN, Regina; MARTINY, Andrea; MALDANER, Adriano O.. Química forense: perspectivas sobre novos métodos analíticos aplicados à documentoscopia, balística e drogas de abuso. **Química Nova.**, v.34, n.10, 2011.p. 1717-1728.

RONSANI, Thianny Crippa. **Técnica de cg/em utilizada para análise forense**, 2010, 66p. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Farmácia - Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, 2010.

ROSA, Mauricio Ferreira da; SILVA, Priscila Sabino da; GALVAN, Francielli de Bona. Ciência Forense no Ensino de Química por Meio da Experimentação. **Química Nova na Escola**. v.37, n.1, 2015.p.35-43.

ROSA, Mauricio Ferreira da; SILVA, Priscila Sabino da; GALVAN, Francielli De Bona. Ciência Forense no Ensino de Química por Meio da Experimentação, **Química Nova na Escola**, v.0, n.0, 2014, p. 1-9.

SABINO, Bruno D.; ROMAO, Wanderson; LALLI, Priscila M.; FRANCO, Marcos F; SANVIDO, Gustavo; EBERLIN, Marcos N.; SCHWAB, Nicolas V; BUENO, Maria Izabel M. S.; LANARO, Rafael; COSTA, Jose Luiz, DE SA, Gilberto F.; DARODA, Romeu J.; DE SOUZA, Vanderlea. **CHEMICAL PROFILE OF META-CHLOROPHENYLPIPERAZINE (M-CPP) IN ECSTASY TABLETS BY EASY AMBIENT SONIC-SPRAY IONIZATION, X-RAY FLUORESCENCE, ION MOBILITY MASS SPECTROMETRY AND NMR**. Dissertação - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, Campinas, 2010.

SABINO, Bruno. **Alternativa rápida e de baixo custo para a análise de chumbinho pela perícia criminal**. Disponível em <<https://nupesc.files.wordpress.com/2012/12/alternativa-rc3a1pida-e-de-baixo-custo-para-a-anc3a1lise-de-chumbinho-pela-perc3adcia-criminal.pdf>>. Acesso em 16 de outubro de 2015.

SANTANA, Marcos. A Macabra História da Ciência Forense. Disponível em: <<http://oaprendizverde.com.br/2014/11/09/a-macabra-historia-da-ciencia-forense/>>. Acesso em 07 julho de 2015.

SCOPEL, FELIPPE. Funcionamento das armas. Disponível em <<http://firearmsfordefense.blogspot.com.br/2013/11/funcionamento-das-armas.html>>. Acesso em 21 de julho de 2015.

SEBASTIANY, Ana Paula; PIZZATO, Michelle Camara; PINO, José Cláudio Del; SALGADO, Tania Denise Miskinis. **A utilização da ciência forense e da investigação criminal como estratégia didática na compreensão de conceitos científicos**. Educ. Quím. vol.24 no.1. n.24, p.49-56. 2012.

SHIMADZU. **GCxGC (qMS)**. Disponível em <<http://www.shimadzu.com.br/analitica/produtos/gc/gcxgc-qms.shtml>>. Acesso em 14 de outubro e 2015.

SOTOMAYOR, Maria D. P. T.; DIAS, Iara Lúcia T.; LANZA, Marcos R. V.;

MOREIRA, Altair B.; KUBOTA, Lauro T. **Aplicação e avanços da espectroscopia de luminescência em análises farmacêuticas**. Química Nova, v.31, n.7, set, 2008, pag 1755-1774

TEIXEIRA, Kaique Santos. CONEEQ RIO: QUÍMICA FORENSE. Disponível em <<http://betaeq.blogspot.com.br/2014/01/coneeq-rio-quimica-forense.html>>. Acesso em 14 de julho de 2015.

TONHI, Edivan; COLLINS, Kenneth E.; JARDIM, Isabel C. S. F.; COLLINS, Carol H. Fases estacionárias para cromatografia líquida de alta eficiência em fase reversa (clae-fr) baseadas em superfícies de óxidos inorgânicos funcionalizados. **Química Nova**, v. 25, n.4, 2002. p. 616-623.

UALG, Universidade do Algarve. **Electroforese Capilar**. Disponível em <<http://w3.ualg.pt/~jpinhei/QAII/Electroforese%20Capilar.pdf>>. Acesso em 18 de outubro de 2015.

UC, Universidade de Coimbra. **Espectroscopia de Raman**. Disponível em <<http://www.uc.pt/fctuc/ID/qfm/equipamento/espectroscopia-raman>>. Acesso em 18 de outubro de 2015.

UFPEL, Universidade Federal de Pelotas. **Química Forense**. Disponível em: <<http://wp.ufpel.edu.br/qforense/institucional/>>. Acesso em 16 julho de 2014.

UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina. **Equipamentos**. Disponível em <<http://gepronas.ufsc.br/infraestrutura-3/equipamentos/>>. Acesso em 17 de outubro de 2015

UNICENTRO. **Física e Química Forense**. Disponível em <<http://www.colegiobarbosa.com.br/arquivos/28-9-2011195927.pdf>>. Acesso em 14 de julho de 2015.