



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA**  
**SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS**  
**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**



**PONTA GROSSA – PR**

**2017**

## Química Forense

### 1. Introdução:

Nas últimas décadas, o uso do conhecimento científico como ferramenta não apenas coadjuvante, porém muitas vezes decisiva, na elucidação de crimes, tem se intensificado. Assim, a chamada Ciência Forense estabeleceu-se de forma definitiva. Nela, a Química Forense (QF) tem um papel de grande destaque. <sup>[1]</sup>

Dessa forma, a ciência forense é uma área interdisciplinar que envolve física, biologia, química, matemática e várias outras ciências de fronteira, com o objetivo de dar suporte as investigações relativas à justiça civil e criminal. <sup>[2]</sup>

Sendo assim, como o próprio nome indica, a química forense é a utilização ou aplicação dos conhecimentos da ciência química aos problemas de natureza forense. Segundo Zarzuela (1995), denomina-se Química Forense o ramo da Química que se ocupa da investigação forense no campo da química especializada, a fim de atender aspectos de interesse judiciário. <sup>[3]</sup>

Recentemente o público começou a se dar conta da importância da ciência no desvendamento de crimes, talvez pelo fato da grande proliferação de programas de televisão, documentários e ficção científica. Assim, pode-se citar a série americana *CSI* (sigla referente à *Crime Scene Investigation*), a qual foi considerada uma das motivadoras do denominado 'efeito *CSI*' – uma espécie de influência que alguns estudiosos atribuem a determinadas decisões dos jurados perante a insuficiência de provas científicas, algo que, na ficção, não acontece. <sup>[2]</sup>

Farias (2008) em seu livro *Introdução à Química Forense*, concorda e afirma que o perito forense precisa ser um “super-químico”, pois além dos conhecimentos das subáreas da química e noções de outras disciplinas, deverá ter a segurança para decidir se as análises efetuadas serão suficientes para obter um resultado satisfatório. Ou seja, é o químico que determina o que vai ser analisado e de que maneira o fará. De acordo com o autor, cabe ao perito a identificação, coleta e análises dos vestígios presentes no local do crime, sendo, portanto de fundamental importância sua atuação, visto que, em frequência, a presença ou ausência de uma determinada prova material pode ser a diferença entre resolver ou não um caso, prender ou não um criminoso. <sup>[3]</sup>

Os peritos especializados em Química Forense, quando se deparam com uma investigação policial, trabalham primeiro no sentido de confirmar e descartar suspeitos. As técnicas empregadas permitem que seja possível identificar, com relativa precisão, se uma pessoa, por exemplo, esteve ou não na cena do crime a partir de uma simples impressão digital, deixada em algum lugar, ou então um fio de cabelo encontrado no local do crime. Hoje em dia, pode-se realizar a identificação humana através de técnicas de DNA presentes na amostra. (CHEMELLO, 2006)

Contudo, diversos trabalhos têm mostrado a importância da Química na elucidação de crimes. Neste contexto, Oliveira (2006) através de procedimentos experimentais realizados nos laboratórios de Química Forense, estudou as reações químicas empregadas nas análises de disparos de arma de fogo e na identificação de adulterações em veículos. Através desse trabalho foi possível concluir que as reações químicas constituem importantes ferramentas utilizadas no campo das ciências forenses, na elucidação de crimes. Além disso, os exames reportados constituem reações colorimétricas simples e soluções de fácil preparo, permitindo assim facilidade de reprodução. [3]

## 2. Histórico:

*"A Química Forense pode ser definida como a química aplicada à solução de determinados problemas que surgem em conexão com a administração da justiça. É a química exercida no serviço da lei"* (LUCAS, 1921)

A palavra forense vem do latim *forensis*, que significa público, ao fórum ou à discussão pública. Portanto, ciência forense é a ciência utilizada em um sistema judiciário, para finalidades da lei. O trabalho de um químico forense é encontrar pistas, rastros e vestígios e determinar os seus significados. Algumas das análises realizadas pelos profissionais dessa área são voltadas à identificação e constituição dos elementos como: análises de disparos de armas de fogo, identificação de adulterações em veículos, revelação de impressões digitais, identificação de sangue em locais de crime, constatação de substâncias entorpecentes e várias outras apreciações que contribuem fortemente para solucionar os crimes.

A utilização da prática forense na investigação criminal é muito antiga e relatos da literatura indicam que Demócrito foi provavelmente o primeiro químico a relatar suas descobertas. Na Roma antiga a forma mais usual de cometer assassinatos ou suicídios era

através do uso de substâncias tóxicas, como o arsênico ou através de venenos como os de escorpiões, substâncias proibidas na época.

No século XIII, foi publicado na China um livro com explicações de como realizar o reconhecimento de sinais de afogamento e estrangulamento, e explicações de como feridas podiam revelar o tipo e o tamanho da arma utilizada no crime. Esse foi o primeiro livro relacionado com a prática forense.

Na atualidade, o primeiro registro que se tem notícia do uso da química forense, foi em um caso ocorrido em 1850, na Bélgica. Suspeitava-se que a vítima havia sido envenenada, porém a polícia necessitava de provas concretas para constatar o envenenamento para isso solicitou a ajuda do químico francês Jean Stas. Stas conseguiu desenvolver um método para detectar o veneno nos tecidos do cadáver, o que levou a condenação do assassino.

O progresso da Química Forense iniciou-se mesmo no século XIX. Em 1863, o químico Christian Friedrich Schönbein (1799–1868) descobriu o primeiro método confiável para a identificação de sangue humano. Schönbein expôs que ao adicionar peróxido de hidrogênio em manchas de sangue, o local era tomado por uma espécie de espuma. Essa descoberta permitiu um avanço considerável na época, pois havia muita dúvida na identificação de manchas já quando secas, pois vários tipos apresentavam o mesmo padrão das de sangue. Edmond Locard, conhecido como Sherlock Holmes da França, foi um dos pioneiros da Química Forense, e formulou o princípio básico dessa ciência: "Todo contato deixa uma marca".

Mathieu Joseph Bonaventure Orfila, considerado o pai da toxicologia forense, descobriu o envenenamento de Marie LaFarge por arsênico – um dos primeiros casos em que a ciência moderna produziu objetivos claros e provas incontestáveis de assassinato.

**Toxicologia:** estuda a composição química e os efeitos das substâncias tóxicas e dos venenos, bem como o diagnóstico e o tratamento das intoxicações e envenenamentos.

Sir Alec Jeffreys, é o "pai" da tipagem de DNA moderno, usado na ciência forense e também nos casos de paternidade.

Dr. Calvin Goddard, outro pioneiro da ciência forense, é responsável pelas primeiras análises de disparos de armas de fogo – Balística Forense – Utilizava o microscópio de comparação para descobrir de qual arma a bala foi disparada.

O avanço tecnológico da ciência, em especial o aprimoramento das técnicas analíticas, permitiu o desenvolvimento dos equipamentos, métodos e técnicas que são fundamentais à Química Forense.

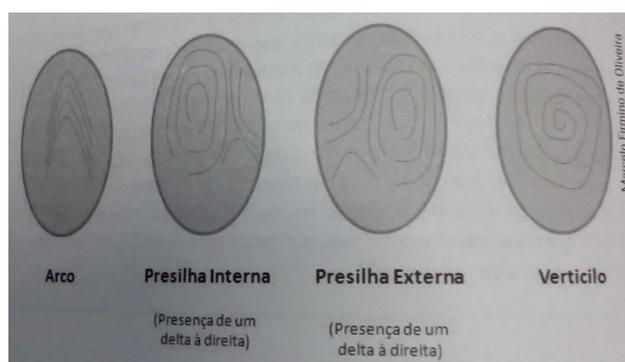
### 3. Papiloscopia:

Como cada ser humano tem um conjunto único de impressões digitais, sua identificação é muito importante para elucidar casos forenses no âmbito criminal, civil ou trabalhista. Como a superfície dos dedos estão sempre em contato com substâncias químicas excretadas pelo corpo ou de via externa, as marcas das digitais ficam facilmente aderidas ao longo de uma superfície, de modo a se obter um molde fiel dos sulcos existentes em nossos dedos. Estes desenhos podem ser revelados a partir do uso de outras substâncias químicas reveladoras, sendo estes por processos físicos ou químicos.

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

Os sulcos presentes nas impressões digitais formam imagens específicas, que podem ser enquadradas em quatro tipos de formatos: arco, presilha interna, presilha externa e verticilo. As impressões que apresentam formações triangulares chamadas de “deltas” podem ser do tipo presilha interna ou externa, enquanto que as que não apresentam esta formação podem ser do tipo arco ou verticilo.

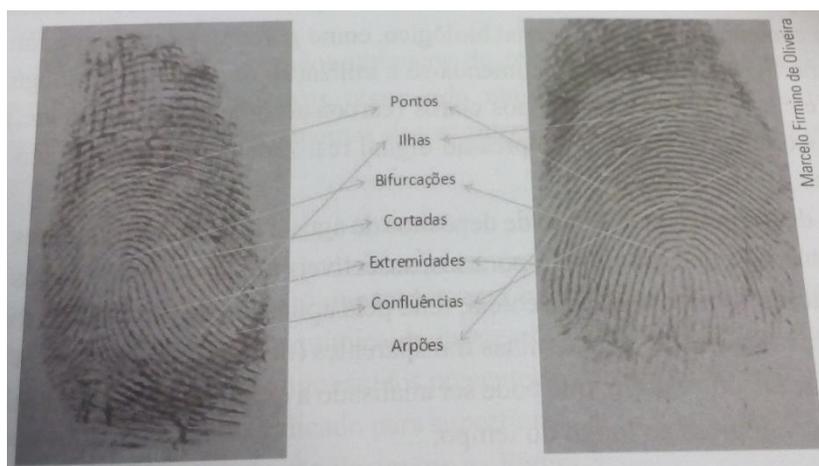
**Figura 1:** Exemplos dos tipos de impressões digitais possíveis (Arco, presilha interna, Presilha externa e verticilo).



FONTE:

Apesar de poderem ser divididas em apenas quatro tipos de digitais, cada impressão digital tem suas peculiaridades e são estas que fazem com que cada ser humano tenha uma impressão única. Estas peculiaridades são conhecidas como pontos característicos, que acabam produzindo que figuras que lembram pontos, bifurcações, ilhas, entre outros. No Brasil, a legislação exige que haja a coincidência de, no mínimo, 12 pontos idênticos e na mesma localização, além de ter que ter a mesma nomenclatura e não haver nenhum ponto discrepante, para confirmar a identidade.

**Figura 2:** Representação de alguns pontos característicos que diferenciam impressões digitais



FONTE:

Os métodos para a coleta de impressões digitais podem ser físicos ou químicos. Os métodos físicos consistem, principalmente, na borrifação ou aplicação de pó colorido sobre a superfície na qual se deseja realizar a pesquisa por impressões digitais. Existem diversos tipos de substâncias que podem ser utilizada deste modo contanto que apresente baixa granulometria, estabilidade química e bom contraste com relação à superfície analisada. A aplicação do pó é feita a partir do uso de pincéis especiais, espalhando-o pela superfície.

Como as impressões digitais são constituídas, principalmente, de água e fluídos biológicos, elas são chamadas de vestígios temporários, que podem ser perdidas com o tempo. Então, após a revelação da impressão, há a sua coleta. A coleta é feita pela aplicação de uma fita adesiva transparente e sua subsequente transferência para lâminas transparentes de microscópio. Desta maneira o vestígio, ou seja, a impressão digital se torna “imortal” e pode ser analisado a qualquer momento sem perder suas propriedades morfológicas.

Deve-se saber que a técnica do pó não é sensível a impressões digitais que são sejam recentes, já que o principal composto responsável pela aderência do pó é a água e

com o tempo, esta está presente em menores quantidades dificultando a aderência do pó e, conseqüentemente, a revelação da digital.

Em relação aos principais pós e suas composições químicas temos:

- ✓ **Pó de óxido de ferro:** óxido de ferro (50%), resina (25%) e negro-de-fumo (25%);
- ✓ **Pó de dióxido de manganês:** dióxido de manganês (45%), óxido de ferro (25%), negro de fumo (25%) e resina (5%);
- ✓ **Pó de titânio:** dióxido de titânio (60%), talco (20%) e caulim (20%);
- ✓ **Pó carbonato de chumbo:** carbonato de chumbo (80%), goma arábica (15%), alumínio (3%) e negro-de-fumo (2%);
- ✓ **Pó fluorescente:** antraceno finamente pulverizado;
- ✓ **Pós metálicos:** usualmente uma mistura de metais e óxidos metálicos. Pó prateado (flocos de alumínio, pós de quartzo), pó dourado (flocos de bronze, pós de quartzo).
- ✓ **Pós magnéticos:** uteis para revelação de impressões em superfícies como plástico e pele humana.

A técnica do pó tem como principais vantagens seu baixo custo e sua simplicidade de aplicação. Contudo, os compostos químicos presentes no pó podem interferir com outros exames periciais, logo, deve-se considerar todos os aspectos envolvidos antes de sua utilização.

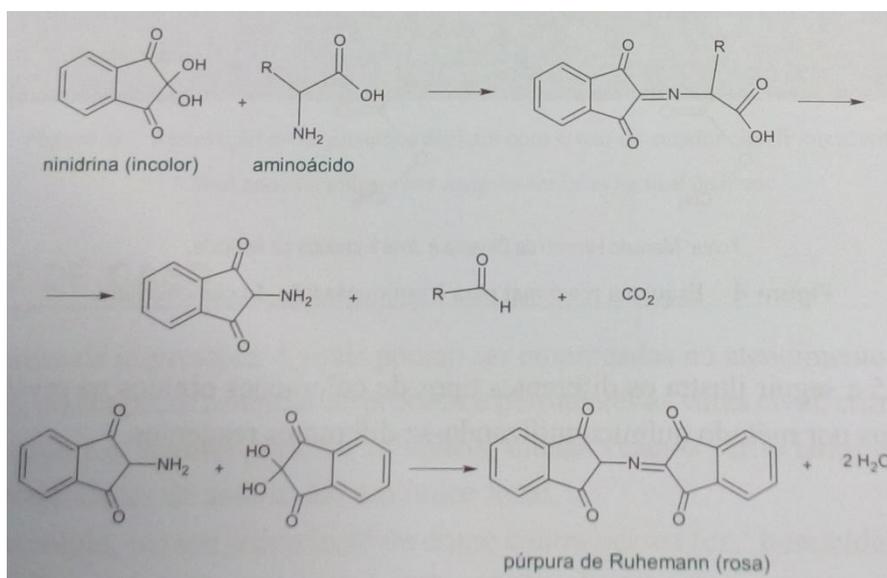
O método do pó é mais indicado pra superfícies sólidas lisas, limpas e polidas, para que se possa aplicar, posteriormente, a fita adesiva. Materiais finos, como folhas plásticas e de papel, que podem sofrer ruptura de suas estruturas quando se aplica a fita não se enquadram no tipo de material em que se pode aplicar o pó. Para estes tipos de superfícies recomenda-se a utilização de métodos químicos.

A aplicação da substância química se dá por via gasosa ou solução líquida, neste tipo de aplicação os vapores do agente revelador reagem com as substâncias presentes na impressão digital, produzindo um contraste suficiente para sua visualização. Nestes casos, a coleta da impressão digital dá-se por fotografia ou por digitalização da superfície, assim produzindo a “imortalização” da prova. A seguir são apresentadas algumas destas substâncias, bem como os procedimentos experimentais para sua utilização.

A ninidrina apresenta boa reatividade com aminoácidos, esta substância tem sido utilizada com frequência para revelar digitais. O reagente, inicialmente incolor, ao entrar

em contato com os aminoácidos, produz uma coloração rosada, sendo indicado para superfícies claras e porosas, como papéis, gesso, madeiras e documentos.

**Figura 3:** Reação da ninidrina na presença de aminoácidos.



FONTE:

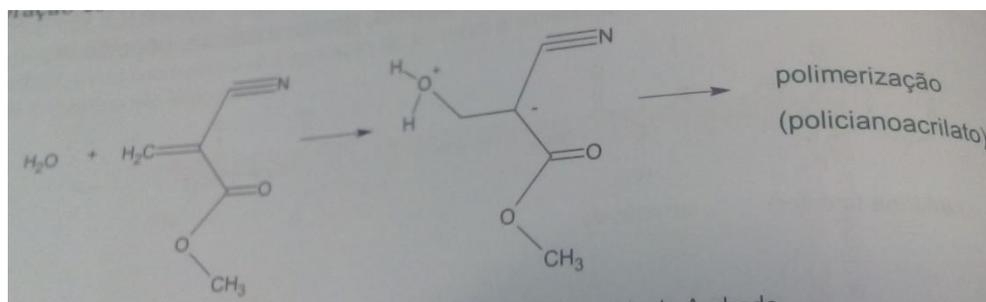
Cristais de iodo também podem ser empregados para revelação de impressões digitais. Como o iodo sublima em condições ambientes de pressão e temperatura, e, também, possui afinidade por traços de gordura presentes nas impressões digitais. Desta maneira é possível processar rapidamente sua revelação em papéis, plásticos e outros objetos de pequeno porte.

O procedimento consiste em colocar os objetos a serem analisados dentro de uma câmara de revelação que é onde será inserido o vapor de iodo. O iodo se depositará sobre a gordura presente nas impressões, produzindo uma coloração que varia entre bege e marrom-escuro. Para fins de contraste utiliza-se este revelador em peças de cor clara para que possa ser fotografada ou digitalizada. Este procedimento pode ser realizado várias vezes sem danificar a impressão, já que quando deixado ao ambiente o iodo volta a evaporar.

O vapor de cianoacrilato quando em contato com a água presente nas impressões digitais produzem um precipitado de cor branca, correspondente à polimerização do cianoacrilato. Esses vapores podem ser produzidos em cubas de revelação, mediante leve aquecimento da alíquota de supercola. Este revelador é indicado para objetos de coloração escura. Para utilizar o cianoacrilato deve-se tomar cuidados com o ponto de ebulição do mesmo, entre 60 e 65 °C, pois um superaquecimento pode levar a formação de ácido

cianídrico, um composto altamente tóxico. A figura abaixo demonstra como é a polimerização do cianoacrilato.

**Figura 4:** Reação de polimerização do cianoacrilato.



**FONTE:**

Com o uso da imaginação e conhecendo as características físico-químicas das substâncias, o químico forense é capaz de propor novos reveladores, se for o caso.

### **Identificação de Digitais a partir de Iodo**

#### Materiais (por grupo):

- ✓ Iodo Sólido
- ✓ Papel Sulfite
- ✓ Bico de Bunsen
- ✓ Vidros de Relógio
- ✓ Béqueres

#### Método (ou como fazer)

1. Colocar as digitais nas folhas de papel sulfite e após isso utilizar luvas descartáveis para a manipulação dos materiais.
2. Despejar alguns cristais de iodo sólido no béquer e, em seguida, colocar o papel sulfite no mesmo e tampar com o vidro de relógio.
3. Aquecer o béquer no bico de Bunsen para a revelação das impressões digitais.

### **Identificação de Digitais utilizando carvão como revelador**

#### Materiais (por grupo):

- ✓ Pó de carvão
- ✓ Papel Sulfite
- ✓ Pincel
- ✓ Fita adesiva

- ✓ Almofariz e pistilo

#### Método (ou como fazer)

1. Colocar as digitais nas superfícies aonde se deseja retirá-las e após isso utilizar luvas descartáveis para a manipulação dos materiais.
2. Passar o pó de carvão nas superfícies com um pincel.
3. Com a fita adesiva, retirar cuidadosamente a impressão dos objetos.
4. Colocar a fita no papel sulfite para facilitar a visualização.

#### **4. Identificação de amostra com Sangue:**

Com o passar do tempo e a evolução da tecnologia, está a cada dia mais difícil para um criminoso esconder vestígios da polícia. Em quase todo local de crime contra a pessoa como homicídio, infanticídio, aborto, lesão corporal, maus-tratos e acidentes de um modo geral, diante de tais vestígios, é possível extrair muitas informações, as quais serão decisivas para a investigação policial, como a compatibilidade entre volume sanguíneo e o ferimento, a dinâmica do fato, a dosagem de algumas drogas, a identificação da vítima e/ou suspeito.

Mesmo que o assassino lave cuidadosamente o local do crime ou que tenha se passado até seis anos, é possível identificar os mínimos vestígios de sangue em praticamente qualquer tipo de superfície, mesmo as lisas como os azulejos.

No local do crime, as informações devem ser extraídas rapidamente, com a maior probabilidade de elucidar o caso. Quando uma mancha de sangue é encontrada, ela passa por testes muito sensíveis, porém nem tanto específicos, chamado de teste de presunção, que é capaz de determinar se a mancha é de sangue ou não.

O teste presuntivo é baseado na ideia de spot test criada por Fritz Feigl, utilizado em locais de crime para a identificação da mancha de hematóide. Que aplica-se a reações químicas sensíveis e seletivas, com manipulações de pequenos volumes da substância desconhecida e também dos reagentes. A olho nu, se o teste der positivo é identificado pela mudança de cor causada.

O sangue é composto basicamente de células vermelhas (hemácias), células brancas (leucócitos) e do plasma. As hemácias têm uma função de transporte de gases, como oxigênio pelo organismo, como nas trocas gasosas, sendo ela uma molécula proteica que

dá a origem de sua cor: a hemoglobina. Essa molécula é composta por quatro subunidades polipeptídicas, cada uma das quais contendo um grupo heme que apresenta um átomo de ferro.

Desde o século XIX, sabe-se que a hemoglobina possui atividade catalítica típica de uma peroxidase. Com base nesse comportamento catalítico, alguns testes presuntivos para constatação de sangue foram propostos. Trata-se do teste que utiliza um reagente denominado Kastle-Meyer.

A preparação da solução é possível: REAGENTE DE KASTLE-MEYER

**Tabela 1:** Materiais e reagentes necessários para a preparação da solução do Reagente de Kastle-Meyer.

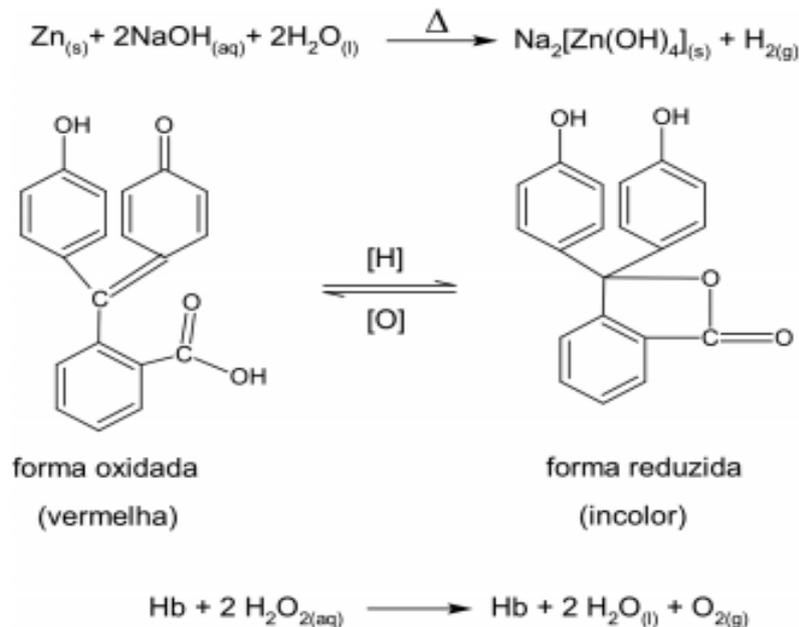
MATERIAIS	REAGENTES
Pipetas	0,1 g Fenolftaleína
Cotonetes	2,0 g Hidróxido de sódio
Béquer	2,0 g Zinco metálico em pó
Espátulas	10 mL Água destilada
	Amostra

O reagente de Kastle-Meyer é constituído por uma mistura de substâncias. Com proporção de 0,1 g de fenolftaleína, 2,0 g de hidróxido de sódio, 2,0 g de pó de zinco metálico e 10 mL de água destilada.

- 1- Umedecer a mancha, (amostra) com 1 mL de água destilada;
- 2- Retirar a amostra com um cotonete;
- 3- Adicionar sobre o cotonete, duas gotas do reagente de Kastle Meyer;
- 4- Adicionar à amostra, sobre o cotonete, duas gotas de peróxido de hidrogênio a 5%;

A explicação por trás desse método, que ao adicionar água oxigenada (peróxido de hidrogênio), a atividade catalítica das moléculas de hemoglobina entra em ação e decompõe o peróxido em água e gás oxigênio, como na figura:

**Figura 5:** Representação das reações relacionadas ao preparo do reagente de KastleMeyer e à utilização do reagente em ensaios de orientação para a presença de sangue.



FONTE:

Esse último reage com a fenolftaleína, transformando-a em sua forma oxigenada (vermelha).

Mesmo o resultado sendo positivo para o teste, ainda que seja realmente sangue, não significa ser necessariamente sangue humano. Todos os vertebrados e até poucos invertebrados possuem hemoglobina, portanto qualquer desses organismos resultaria na cor avermelhada. Existem outros testes bioquímicos que são específicos para a comprovação de sangue humano, sendo mais elaborados e feitos em laboratórios.

## 5. Identificação de adulterações em veículos furtados:

Os veículos envolvidos em episódios de furto ou roubo (automóveis, motocicletas, caminhões etc.) apresentam comumente duas opções de destino:

- 1) Desmanche ilegal e subsequente comercialização de peças;
- 2) Remarcação de seus sinais de identificação (placas, numeração de chassi, de motor etc.) para utilização dos mesmos como clones.

Considerando-se o fato de que as numerações de chassi e motor apresentam-se gravadas para a maioria dos modelos nacionais em baixo relevo nas superfícies metálicas dos automóveis, por cunhagem a frio (salvo os casos em que estas se apresentam na forma de plaquetas metálicas afixadas por rebites), constitui-se como um tipo muito co-

num de adulteração a remoção da numeração original da peça, mediante desgaste mecânico e polimento, e subsequente aplicação de nova numeração por punção, obviamente diferente da original.

O processo de gravação dos caracteres originais dos veículos, produzidos ainda na linha de montagem, produz uma compactação diferenciada na região da estrutura cristalina abaixo e adjacente aos referidos caracteres. Após a remoção da numeração original por desgaste mecânico do tipo lixa, tais imperfeições produzidas na estrutura cristalina da peça metálica, decorrentes da gravação original, permanecem na mesma, porém são invisíveis à vista desarmada.

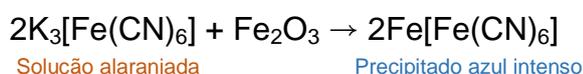
Neste caso, a identificação da presença de sinais de adulteração pode ser feita realizando-se um ataque químico na referida superfície metálica, utilizando agentes reveladores apropriados (Figura 6). Um reagente amplamente empregado no estudo de revelações de numerações em chassi constitui-se de uma solução aquosa alcalina de hexacianoferrato de potássio, denominado reagente de Murikami. Nessas condições, a aplicação da referida solução à superfície metálica adulterada possibilita a revelação da numeração original previamente removida.

**Figura 6:** A adulteração na numeração original de uma peça de automóvel pode ser constatada com o uso de agentes reveladores



FORTE:

A explicação para o contraste visual observado consiste na diferença de reatividade dos sítios da referida superfície metálica, sendo observada uma maior velocidade de reação (no caso, precipitação de hexacianoferrato de ferro III, ou Azul da Prússia) na região da numeração original removida.



Por se tratar de um exame destrutivo, em decorrência do processo de corrosão empregado na referida superfície, as revelações de caracteres originais presentes nas

superfícies metálicas estudadas apresentam-se visíveis por um intervalo de tempo limitado, devendo ser prontamente fotografadas.

## 6. Balística:

Na química forense, a balística estuda o movimento dos projéteis: a trajetória, impacto, marcas, explosão, entre outras. Utilizando um microscópio balístico, o perito busca as coincidências de marcas nos projéteis e nas cápsulas, visando identificar a arma que os tenha disparado, procurando a interpretação da trajetória e a distância do disparo.

Subdivide-se em quatro sessões principais:

**Balística Interna:** estuda os fenômenos que ocorrem dentro do cano de uma arma de fogo durante o seu disparo, ou seja, estuda as variações de pressão dentro do cano, as acelerações sofridas pelos projéteis, a vibração do cano, etc.

**Balística Intermédiana ou de Transição:** estudo dos fenômenos sobre os projéteis, desde o momento em que saem do cano da arma, até o momento em que deixam de estar influenciados pelos gases remanescentes à boca da arma.

**Balística Externa:** estudo das forças que atuam nos projéteis correspondentes aos movimentos destes durante a sua travessia na atmosfera, desde que ficaram livres das influências dos gases do propulsantes, até aos choques com os seus alvos.

**Balística Terminal:** é o estudo da interação entre os vários gêneros de projéteis e os seus alvos.

A arma de fogo é, em essência, uma máquina térmica. Sua utilização independe da força física (exceto a força relacionada com o pressionamento do gatilho) e, como não poderia deixar de ser, baseia-se nos princípios da termodinâmica.

O disparo de uma arma de fogo produz vestígios, os quais são expelidos pela expansão gasosa oriunda da combustão da carga explosiva - 75% de Salitre, 15% de carvão e 10% de enxofre. O principal componente, o Salitre - ou Nitrato de Sódio ( $\text{NaNO}_3$ ), possui alto poder de combustão e explosão.

Durante o disparo, esses gases são expelidos também para a região posterior da arma, depositando resíduos na mão do atirador, parte desse material se solidifica na forma de material particulado pelo choque térmico, formando o que é conhecido como resíduo de tiro ou GSR (gunshot residues). A análise química de chumbo consiste na

coleta prévia de amostra das mãos do suspeito, mediante aplicação de tiras de fita adesiva do tipo esparadrapo nas mesmas e subsequente imobilização dessas tiras em superfície de papel de filtro.

Os resíduos de tiro são compostos especialmente por elementos derivados da deflagração da espoleta (chumbo, bário e antimônio, Pb/Ba/Sb), além de pólvora parcialmente fundida - elementos do cano e do próprio projétil, que se depositam no atirador (especialmente nas mãos, rosto e roupas), vestígios de chumbo na mão do atirador podem ser revelados com solução ácida de rodizonato de sódio. A presença dos GSR na vítima normalmente está restrita a regiões próximas ao orifício de entrada, embora em disparos a curta distância, possam se depositar em outras regiões. A detecção desses resíduos pode colocar o suspeito no local de crime.

A identificação dos elementos Pb/Ba/Sb, simultaneamente, em uma partícula de morfologia esférica, é a única prova inquestionável de que uma pessoa pode ter produzido um tiro, ou ter estado ao lado de quem produziu, ou ainda, ter manuseado uma arma de fogo. Atualmente, a análise dos GSR inorgânicos (análise morfológica de partículas contendo simultaneamente Pb/Sb/Ba) é feita por microscopia eletrônica de varredura com detector de energia de dispersão de raios X.

## 7. Fluídos Corporais

### Sêmen:

O sêmen fluido orgânico produzido pelos machos de muitas espécies de animais para transportar os espermatozoides até o local de fertilização na fêmea. Este fluido transporta entre 60 e 300 milhões de espermatozóides (segundo a duração da abstinência prévia). Para fertilizar o óvulo é necessário, em média, que o esperma contenha mais de 20 milhões de espermatozoides por ml. O pH normal do sêmen é levemente básico (entre 7,2 e 7,8 – caso seja maior que 7,8, indica infecção urinária)

Os componentes e contribuições do sêmen são os seguintes:

- ✓ *Testículos*: De 2 a 5% do líquido total. Aproximadamente 200 a 500 milhões de espermatozoides, produzidos nos testículos, são lançados pela ejaculação.
- ✓ *Vesícula Seminal*: De 65 a 75% de todo o sêmen. O líquido produzido contém aminoácidos, citrato, enzimas, flavonas, frutose (a principal fonte de energia para as células espermáticas, que dependem exclusivamente de açúcares do plasma se-

minal para energia), fosforilcolina, prostaglandinas (um dos principais componentes que enriquece o sêmen - rejuvenesce o organismo (função antioxidante), origina uma "sensação de bem estar natural"), proteínas, vitamina B, vitamina C, ferro.

- ✓ *Próstata*: De 25 a 30% de todo o líquido. Contém fosfatase ácida, ácido cítrico, fibrinolizina, antígeno específico da próstata, enzimas proteolíticas, zinco (ajuda a estabilizar as cromatinas com DNA das células espermáticas. Uma deficiência de zinco pode resultar em uma redução de fertilidade devido a maior fragilidade do esperma).
- ✓ *Glândulas Bulbouretrais*: Menos que 1% do líquido. Contém Galactose, muco (ajuda a aumentar a mobilidade das células espermáticas na vagina e na cérvix por criar um canal menos viscoso para as células espermáticas nadarem sobre, e prevenindo a sua difusão para fora do sêmen), fluido pré-ejaculatório, ácido siálico.

Em roupas e algumas superfícies, o sêmen provoca uma mancha amarela. Isto é utilizado por investigadores para detectar, a olho nu, a presença de sêmen. Entretanto, nem sempre a esta visualização a olho nu é possível, tornando-se necessário o uso de alguns testes específicos para confirmação da presença de fluido seminal.

Um destes testes consiste na fluorescência à luz UV-Vis. O sêmen irá fluorescer quando exposto à radiação UV-Vis, e a coloração visualizada na mancha depende do comprimento de onda e dos óculos de proteção utilizados. Existem, ainda, alguns testes químicos para a detecção de sêmen. Um deles é o Teste de Florence, que consiste na adição de iodo elementar em solução na presença de Colina (molécula precursora do neurotransmissor acetilcolina); o resultado positivo será evidenciado pela formação de cristais de iodeto de colina.

Outro teste químico é o Teste Barberio, que é um método de detecção de espermina, uma poliamina envolvida no metabolismo celular das células eucarióticas, responsável pelo odor característico do sêmen. Neste teste adiciona-se solução saturada de ácido pírrico que, na presença de espermina, formará cristais de picrato de espermina.

O teste da fosfatase ácida prostática detecta este grupo de isoenzimas secretadas pela glândula prostática e é classificado como um teste imunocromatográfico. A fosfatase ácida também está presente em outros fluidos corporais, como o fluido vaginal, por exemplo. Entretanto, a sua concentração no sêmen é 1000 vezes maior do que em qualquer outro fluido. Neste teste, uma solução de sal sódico de  $\alpha$ -naftol reage com a fosfa-

tase ácida para formar fosfato de sódio e naftol. Em seguida, reage-se o naftol com bren-tamina, dando coloração roxa à amostra. A limitação deste teste é o fato da fosfatase áci-da ser solúvel em água, ou seja, ela pode ser retirada com a lavagem. Além deste, exis-tem, ainda, vários testes para detecção de sêmen, como, por exemplo, por Espectrosco-pia Raman.

Espermatozóides intactos já foram encontrados em amostras vaginais coletadas 26 horas depois de uma agressão sexual, enquanto que cabeças de espermatozóides já fo-ram encontradas, na cavidade vaginal, cerca de 7 dias após o evento. Entretanto, amos-tras orais e anais raramente evidenciam estas células intactas se coletadas após 5 horas do evento. Em manchas secas, por sua vez, espermatozóides podem ser detectados anos após o evento. Com estas informações, é possível estimar a data de uma agressão sexual.

### **Fluído Vaginal:**

As secreções vaginais são uma mistura complexa de células e secreções. Os prin-cipais componentes deste fluído são ureia, lactato, lisozima, ácido acético e piridina. O teste para fluído vaginal é o chamado de Coloração Ácido Periódico-Schiff (PAS). O ácido periódico oxida seletivamente a lisozima, formando aldeídos. O reagente de Schiff (coran-te fucsina básica) detecta aldeídos, formando uma coloração púrpura-magenta.

### **Saliva:**

A saliva é um líquido secretado pelas glândulas salivares diretamente na cavidade bucal. Seu maior componente é a água (99,5%), contendo também nitrogênio, enxofre, potássio, cloro, sódio, cálcio, magnésio, ácido úrico e ácido cítrico. Além disso, possui, ainda, proteínas enzimáticas, estruturais e imunológicas. A função da saliva é lubrificar e diluir o alimento, facilitando, assim, a mastigação, gustação e deglutição, além de proteger contra bactérias e umedecer a boca.

A saliva humana contém uma substância chamada de imunoglobulina secretória A (IgA), que tem a função de proteger o organismo contra vírus que invadem o trato respira-tório e digestivo. A saliva também possui um efeito microbiano, que controla o crescimen-to de bactérias, por isso, quando não há saliva, há maiores chances de aparecerem cáries dentárias. Alterações na quantidade de saliva também podem causar halitose.

Uma das enzimas presentes em nossa saliva é a amilase salivar, também conhecida como ptialina (ou amilase), que inicia a digestão do amido e do glicogênio, quebrando-os em maltose. A ptialina age no pH neutro da boca, mas é inibida ao chegar no estômago, por causa da acidez do suco gástrico.

O método mais comum de detecção da saliva humana é o imunocromatográfico, onde utiliza-se um aparelho que contém anticorpos anti  $\alpha$ -amilase salivar humana, ou seja, é específico para saliva humana. O aparelho detecta até 1 mL de saliva. A desvantagem desta técnica é que falsos positivos ocorrem com leite materno, material fecal e fluido vaginal.

### **Urina:**

A urina é um líquido excretado pelos rins através das vias urinárias, pelo qual são eliminadas substâncias desnecessárias ao organismo. Desempenha um papel importante na regulação do balanço de líquidos e no equilíbrio entre ácidos e bases. Nas pessoas saudáveis possui coloração clara (amarelada). A quantidade de urina produzida diariamente é de 1 a 1,5 litro, contudo, esta referência pode aumentar ou diminuir dependendo da quantidade de líquido ingerido.

Esta excreção é a principal amostra para análises quanto ao consumo de drogas, sejam elas lícitas ou ilícitas, uma vez que é a forma com que o corpo humano excreta substâncias que não aproveita.

## **8. Identificação de Drogas**

Com o aumento do uso e tráfico de drogas no Brasil, a necessidade de profissionais capacitados para as investigações nesta área aumenta. A opção inicial é o uso de testes rápidos de identificação destas drogas, necessitando de profissionais capacitados para exercer a coleta do material, preservação da amostra quantidade de material necessário para análise e interpretação dos resultados dos testes.

As análises preliminares são de grande importância, sendo a partir delas que as solicitações de análises definitivas são feitas. Estas análises devem ser práticas e simples, sendo o primeiro passo para a análise de material suspeito. Todo o processo de análise deve ser documentado, gerando uma história cronológica do material.

Tanto o resultado positivo quanto o negativo de uma análise preliminar é importante para a identificação definitiva das substâncias apreendidas.

**Maconha:**

É uma das plantas mais antigas que o homem conhece, com uso relatado há mais de 4000 anos. Seu principal princípio ativo é o D9-THC devido ao seu potencial psicoativo. O teste usado para sua determinação é o teste do Fast Blue B, onde a coloração vermelha indica a presença de maconha na amostra. O teste é baseado no caráter fenólico da molécula do canabinois.

**Cocaína:**

É um alcaloide encontrado nas folhas da coca, sendo comercializado na forma de cloridrato ou pasta base. Nas amostras é possível encontrar grande quantidade de impurezas, oriundas do processo de refino e adulterantes adicionados. Estas impurezas podem interferir nos testes rápidos usados para identificação da droga, exigindo conhecimento e experiência do analista para uma correta identificação. O teste rápido feito para identificação desta substância é o teste do tiocianato de cobalto, onde a formação de um precipitado azul indica a presença de cocaína.

**LSD (Dietilamina do ácido lisérgico):**

Trata-se de um composto cristalino que ocorre como resultado das reações metabólicas do fungo *claviceps purpúrea*. Seus efeitos foram descobertos acidentalmente por Albert Hoffman. Para a identificação da substância usa-se o teste de Ehrlich, onde o surgimento da coloração violeta indica a presença de lisérgida.

**Anfetaminas, metanfetaminas e seus derivados:**

Conhecida por ser uma droga estimulante do sistema nervoso central, das capacidades físicas e psíquicas, a anfetamina foi sintetizada primeiramente na Alemanha, em 1887. Anos depois a medicina passou a usá-la em pacientes para laiviar a fadiga e como estimulante do SNC, porém foi banida de muitos países a partir de 2011, incluindo o Brasil. O ecstasy é uma droga sintetizada a partir da anfetamina, diminuindo a reabsorção da serotonina, dopamina e noradrenalina, intensificando assim os efeitos de euforia. O seu uso tornou-se notório em festas techno ou raves. O teste para a identificação destas substâncias é o de Marquis, onde:

- ✓ Coloração laranja ou marrom: anfetamina ou metanfetamina
- ✓ Amarela-esverdeada ou verde: DOB
- ✓ Preta: MDMA

## Álcool:

Seu consumo é liberado, diferentemente das outras drogas, seu principal efeito é a embriaguez. O álcool é um depressor do SNC e este é o órgão mais rapidamente afetado pelo álcool quando comparado a qualquer outro órgão ou sistema. Seu consumo se tornou um dos principais problemas para sociedade, sendo o causador de muitas mortes, principalmente de trânsito.

O álcool é biotransformado no organismo em uma velocidade em torno de 0,2/kg de peso/hora e a sua absorção após a ingestão é rápida. A passagem do álcool para a corrente sanguínea após a ingestão é iniciada em média 5 minutos depois, atingindo um pico de concentração em 30 a 90 minutos, sua absorção ocorre no estomago.

O álcool é determinado utilizando-se o sangue, analisado por cromatográfica gasosa, ou o ar exalado pelo indivíduo, analisado com o auxílio do bafômetro.

## Experimento do bafômetro

### Materiais

- ✓ Solução de dicromato de potássio em meio ácido
- ✓ Solução alcoólica
- ✓ 1 tubo de ensaio
- ✓ Um frasco com tampa perfurada
- ✓ Dois caninhos de látex
- ✓ Pra ver como monta <https://www.youtube.com/watch?v=Eo-hFpIRd5Y>

### Explicação

O cromo tem, dentre suas várias aplicações, seu uso na detecção da porcentagem do álcool no organismo, devido a reação a seguir:



O Cromo passará de laranja para verde, e é a intensidade do verde representa a porcentagem de álcool no corpo.

## 9. DNA

### O exame de DNA

Apontada como a maior revolução científica na esfera forense desde o reconhecimento das impressões digitais como uma característica pessoal, as técnicas de identificação fundamentadas na análise direta do ácido desoxirribonucléico tem ao menos duas vantagens sobre os métodos convencionais de identificação: a estabilidade química do DNA, mesmo após longo período de tempo, e a sua ocorrência em todas as células nucleadas do organismo humano, o que permite condenar ou absolver um suspeito com uma única gota de sangue ou através de um único fio de cabelo encontrado na cena do crime.

O conteúdo informacional do DNA reside na sequência em que suas unidades monoméricas estão ordenadas. - Espécimes de DNA isolados de diferentes tecidos da mesma pessoa possuem a mesma composição de bases. - Durante a desnaturação do DNA são quebradas as ligações covalentes presentes em sua estrutura.

O DNA é usado para armazenar a informação genética que permite a perpetuação da espécie.

**Tabela 2:** Quantidade aproximada de DNA coletado de amostras.

<b>Amostras (tecidos e fluidos corporais)</b>	<b>Quantidade recuperada</b>
<b>1 ml de sangue</b>	20 a 40
<b>Manchas de sangue seco em 1 cm<sup>2</sup></b>	200 ng
<b>1 ml se sêmen</b>	150 a300 ng
<b>1 fio de cabelo(contendo bulbo capilar)</b>	1 a 75 ng
<b>1 ml de saliva</b>	1 a 10

**FONTE:** Adaptado de RUMJANEK e RINZLER, 2001

De maneira geral, as técnicas de extração consistem em desnaturar as proteínas que envolvem o DNA. Para isto, utiliza-se uma gama de espécies químicas. Por exemplo, a mistura de clorofórmio, álcool e fenol. Outra forma consiste em utilizar uma solução de cloreto de sódio, que separa os sistemas em uma fase sólida e uma fase líquida, onde nesta última se encontra o DNA.

Os métodos de extração variam de acordo com o tipo de evidência coletada. Em princípio, qualquer tipo de tecido ou fluido biológico pode ser utilizado como fonte de DNA, uma vez que são formados ou possuem células. Isso torna possível realizar o exame de DNA em pequenas manchas de sangue ou sêmen, células da mucosa bucal (presas a cigarros, por exemplo), fios de cabelo (com bulbo), fragmentos de pele, etc.

## **O Instituto de Criminalística e o DNA**

Pioneiro na execução de exames oficiais no país, o Instituto de Criminalística do Paraná recebe materiais biológicos de todas as regiões do Estado além de solicitações de outros estados. Por ser uma instituição voltada para a esfera forense, executa seus exames rigorosamente dentro do âmbito oficial, quando houver solicitação da Autoridade Policial, Ministério Público ou Poder Judiciário, e, para tanto, dispõe de três Peritos Criminais especialistas em biologia molecular para proceder as análises solicitadas.

Do ponto de vista das aplicações práticas na atividade pericial forense, os exames de DNA são empregados, dentre outros, nos seguintes casos:

- ✓ Identificação de suspeitos em casos de violência sexual (estupros, atentado violento ao pudor, atos libidinosos);
- ✓ Identificação de cadáveres carbonizados ou em decomposição
- ✓ Identificação de corpos mutilados
- ✓ Identificação de peças ósseas e órgãos humanos
- ✓ Investigação de paternidade
- ✓ Produção de perfis de material genético recuperado a partir de evidências de natureza biológica presentes em suportes diversos encontrados em locais de crimes (manchas de sangue, manchas de esperma, manchas de saliva, pêlos e outros)

## **Extraindo o DNA da saliva**

### Materiais (por grupo):

- ✓ Álcool
- ✓ Detergente
- ✓ NaCl
- ✓ Opcional: Corante

### Dicas

- ✓ Não mexa demais a solução com o detergente para não formar muita espuma.
- ✓ Se for usar algum corante, dê preferência a cores mais escuras como azul ou verde. Assim, o resultado aparece melhor.

#### Método (ou como fazer)

1. Fazer um bochecho com uma solução saturada de NaCl por, no mínimo, 1 minuto.
2. Após o bochecho, mexer a solução com uma gota de detergente. Tomando o cuidado para não formar muita espuma.
3. Inserir o álcool, com o corante, na mistura onde contém o DNA.
4. Após 2 minutos o DNA começa a aparecer.

#### Porque utilizamos detergente/shampoo, sal e etanol?

O DNA está presente no núcleo das células de qualquer organismo, dentro de pequenos pacotes genéticos chamados cromossomos. Para isolá-los os cientistas separaram-no dos outros componentes celulares. As células são fragmentadas e o DNA é separado do conteúdo lipídico das membranas da célula e dos organitos. Em seguida o DNA é separado das proteínas.

O detergente/shampoo permite a desestruturação das moléculas de lipídios das membranas. Com a ruptura das membranas o conteúdo celular, incluindo as proteínas e o DNA, soltam-se e dispersam-se na solução.

A adição do sal (NaCl) proporciona ao DNA um ambiente favorável para a extração de DNA. O sal contribui com íons positivos que neutralizam a carga negativa do DNA. Numerosas moléculas de DNA podem coexistir nessa solução.

E o álcool torna possível a visualização das moléculas, que se agrupam formando um monte de filamentos muito finos tipo fios de algodão.

## **10. Papel, Tintas e Fibras**

### **Papel**

Do ponto de vista forense, a análise da composição química de papeis e tintas pode ser de grande valia na determinação da autenticidade ou não de um documento (documentoscopia).

O papel é um suporte complexo, pode ser manufaturado por fibras celulósicas extraídas de vegetais distintos por processos variados. Pode conter carga e aditivos, sendo grande a possibilidade de escolha destes. Além disso, pode-se incorporar ao papel elementos de segurança (marcas d'água; branqueadores ópticos presentes em todos os papéis brancos para imprimir e escrever; tintas invisíveis; hologramas; entre outros.). Juntam-se a isto inúmeras possibilidades de elementos de impressão, fazendo com que provar a autenticidade de documentos seja uma tarefa complexa.

Os peritos em documentoscopia verificam a autenticidade de documentos por meio de processos analíticos, o que requer conhecimento dos materiais e dos processos utilizados na manufatura dos documentos.

- ✓ *Documentos de segurança:* a comprovação da autenticidade normalmente é feita através da comparação com um padrão ou pela verificação da presença dos elementos de segurança que devem estar no documento. As perícias de documentos de segurança são geralmente resolvidas, pois se tem as especificações dos padrões. Deste modo, há subsídios e informações técnicas suficientes em regra, facilmente disponibilizados a interação entre os peritos e os técnicos envolvidos na confecção dos padrões para verificar a autenticidade ou falsidade de um documento.
- ✓ *Documentos que não são de segurança:* a busca para a comprovação da autenticidade envolve todos os elementos presentes, ou seja: o papel, a impressão e a escrita. O importante no caso é definir, o roteiro da análise de autenticidade e as técnicas que são necessárias para a realização da perícia.

Os pontos principais de uma análise de documentos de segurança são:

- ✓ O conhecimento das especificações do produto, principalmente dos elementos de segurança incorporados ao papel e às impressões;
- ✓ A busca por um padrão (peça similar autêntica);
- ✓ A verificação da concordância do documento com o padrão;
- ✓ A verificação de rasuras, que consiste em alteração mecânica para remoção de lançamentos. A rasura é geralmente produzida pelo atrito de uma borracha, uma raspadeira ou um instrumento similar;
- ✓ A verificação de lavagem química, total ou parcial. A lavagem química é uma modalidade de alteração documental que consiste em fazer desaparecer parte ou totalidade de um texto mediante o emprego de reagentes químicos;

- ✓ A verificação de acréscimos, que consiste na inserção de traços, letras, números, símbolos, sílabas, palavras ou frases em um documento já elaborado;
- ✓ A verificação de recortes, ou seja, cortes no suporte do documento efetuados com auxílio de tesoura, estiletes e/ou instrumentos similares;
- ✓ A análise da expedição. Quando necessário, o perito pode estender as análises para assegurar a legitimidade da expedição de um documento de segurança (Carteira de Identidade, Carteira Nacional de Habilitação, Certificado de Registro, etc.), no sentido de verificar se a expedição foi realizada pelo Órgão Expedidor, responsável por cada tipo de documento.

Os pontos principais na análise de documentos comuns são diferentes daqueles documentos de segurança, exigindo um universo de pesquisa maior, como, por exemplo:

- ✓ Autenticidade e falsidade de assinaturas;
- ✓ Autorias de escritas (manuais);
- ✓ Análise das escritas mecanográficas (datilografia, impressões gráficas, impressões eletrônicas, impressões fac-similares de carimbos, autenticações mecânicas, cancelas mecânicas, etc.);
- ✓ Pesquisa de selos;
- ✓ Análise do tipo de papel;
- ✓ Análise do tipo de impressão;
- ✓ Análise dos instrumentos escreventes;
- ✓ Presença de alterações;
- ✓ Prioridade de lançamentos.

## **Tintas**

No tocante a tintas, sua análise pode ser crucial para esclarecer, por exemplo, acidentes de trânsito, nos quais vestígios de tinta do(s) veículo(s) envolvido(s) tenham sido deixados no local da infração ou crime.

No ponto de vista da arqueoquímica, a análise forense de tintas tem um importante papel a desempenhar na comprovação da autenticidade, ou não, de um determinado artefato, seja ele papiro, um vaso, etc. Por exemplo, se a análise química mostrar que as tintas empregadas na época à qual supõem-se que pertençam os artefatos, a prática de fraude estaria comprovada.

Em se tratando de tintas, a análise não apenas dos pigmentos (usualmente compostos orgânicos ou óxidos metálicos), mas, também, dos solventes ou outro tipo de substância empregada na formulação, pode ser elucidativa. Não seria autêntica, por exemplo, uma pintura supostamente da idade média cujas tintas tivessem, em sua composição, resinas poliméricas sintéticas inexistentes na época.

## **Fibras**

A análise de uma única fibra (de uma peça de roupa por exemplo) pode ser um elemento-chave para a resolução de um crime. A comparação entre as fibras encontradas em um local de crime e as contidas em uma peça do vestuário dos suspeitos, podem ser feitas utilizando diferentes técnicas, com destaque para as microscopias. Em se tratando de fibras sintéticas poliméricas, a espectroscopia na região do infravermelho pode ser uma técnica bastante útil para fins de diferenciação caso as análises por microscopia não sejam suficientes para uma conclusão.

## **Técnicas**

A documentoscopia é a parte da criminalística que estuda a autenticidade dos documentos. Os principais estudos são: alterações de documentos, exame de instrumentos escreventes e o exame de tintas. Geralmente as técnicas utilizadas nos laboratórios de documentoscopia são as não destrutivas. Nestes laboratórios, os aparelhos mais comuns são as lupas e os microscópios ópticos, empregados para análise visual, não causando danos aos documentos. Além de equipamentos como compostos de luzes especiais e filtros específicos destinados especialmente para a análise de documentos.

Atualmente, há disponível uma série de equipamentos que podem fornecer informações importantes ao perito. Entre estes equipamentos estão:

- ✓ *Espectrofotômetros*: instrumentos capazes de medir e comparar a quantidade de luz absorvida, transmitida ou refletida por uma determinada amostra, seja ela solução, sólido transparente ou sólido opaco. A técnica mais utilizada com esse aparelho é a Espectroscopia Raman: Uma técnica de grande importância na comparação de tintas. Utiliza uma ponte fonte de laser de radiação monocromática no visível ou infravermelho próximo. Ao ser incidido sobre o objeto em análise, é espalhado por ele, gerando luz de mesma energia ou de energia diferente do incidente. Com a energia diferente é possível se obter informações importantes sobre a composição

química do objeto em análise. Dessa forma, a espectrometria Raman permite a investigação da autenticidade de documentos pela análise de tintas;

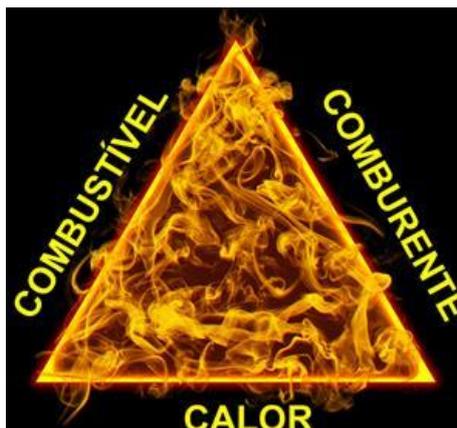
- ✓ *Cromatógrafos*: têm como objetivo principal a separação e a identificação das substâncias que compõem uma mistura em função de suas características moleculares. Classificação das técnicas cromatográficas:
  - a. Cromatografia gasosa: tem como fase móvel um gás, geralmente Nitrogênio, Hélio, Hidrogênio e Argônio, armazenado sob alta pressão, que impulsiona a amostra que pode ser líquida, sólida ou gasosa.
  - b. Cromatografia líquida: tem como fase móvel um líquido. Pode ser baseada em um sistema de alta performance
  - c. Cromatografia supercrítica: a fase móvel é um vapor pressurizado, com temperatura acima da crítica com viscosidade menor que do líquido, mas ainda assim, mantendo as propriedades de interação com o soluto.

## 11. Incêndios e Explosivos

### Incêndios

Fogo pode ser definido como uma reação química que envolve um combustível e um comburente, normalmente  $O_2$ , havendo a liberação de energia térmica, calor, e luminescência, chama. Um incêndio nada mais é que a propagação do fogo.

**Figura 7:** Triângulo do Fogo representa os três fatores determinantes para que a reação química ocorra.



O combustível é a substância a ser queimada, o comburente é o coadjuvante na combustão e o calor seria o elemento iniciador da reação. Caso haja a ausência de um destes ou, então, não estejam nas devidas proporções a reação não ocorrerá.

Os incêndios são separados em cinco categorias de acordo com a natureza do combustível.

- ✓ *Classe A:* incêndios envolvendo combustíveis que deixam resíduos sólidos, com formação de fumaça e cinzas. Ex.: madeira e tecidos. A maior parte dos incêndios se enquadra nesta categoria.
- ✓ *Classe B:* ocorre com combustíveis líquidos, tais como etanol e gasolina.
- ✓ *Classe C:* ocorre por conta de correntes elétricas ou em equipamentos eletrônicos.
- ✓ *Classe D:* ocorre em ligas metálicas combustíveis tais como as ligas de magnésio.
- ✓ *Classe F:* constitui-se da combinação dos incêndios classes A, B e C. Incêndio em fábricas e automóveis pode enquadrar-se nessa categoria.

**Figura 8:** Classes dos incêndios.



Os incêndios podem ser naturais, sem intervenção humana, ou artificiais, com intervenção o ser humano. Sendo estes últimos de interesse para a química forense. Para cada tipo de incêndio deve se utilizar um determinado tipo de extintor, caso haja a utilização de algo não recomendado pode haver o aumento das chamas.

**Figura 9:** Tipos de extintores para cada tipo de incêndio.

CLASSES DE INCÊNDIO	TIPO DE EXTINTOR			
	ÁGUA	ESPUMA	CO <sub>2</sub>	PQS "BC"
<b>A</b> PAPEL MADEIRA TECIDOS BORRACHA FIBRAS	SIM	SIM	NÃO	NÃO *
<b>B</b> GASOLINA QUEROSENE ÓLEO SOLVENTES G.L.P.	NÃO	SIM	SIM	SIM
<b>C</b> EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS ENERGIZADOS	NÃO Condiz. corrente	NÃO Condiz. corrente	SIM	SIM
<b>D</b> PÓ DE ALUMÍNIO MAGNÉSIO ZIRCÔNIO POTÁSSIO TITÂNIO	NÃO Provoca explosão	NÃO Provoca explosão	NÃO	NÃO **

\* Existe o pó multi-uso "ABC" usado com eficiência também em fogo de Classe "A"  
 \*\* Existem pós especialmente indicados para a Classe "D" podendo ainda ser utilizado como alternativa grafite, limalha e de ferro ou areia seca.

O famoso pó químico, que é utilizado em diversos extintores de incêndio, é uma mistura de bicarbonato de sódio, bicarbonato de potássio e outros aditivos, como bórax. Desta maneira, quando em altas temperaturas, a degradação do bicarbonato ocorre da seguinte maneira:



No caso do perito, suas funções em uma perícia de incêndio são: encontrar o ponto de origem do incêndio, encontrar a fonte que deu início ao mesmo, determinar a causa do incêndio e classificá-lo.

Para se determinar a causa do incêndio é de extrema importância a coleta de material no local do incidente para futura análise química, visto que esta pode determinar uma substância combustível não presente normalmente no local e indicar a existência de um incêndio criminoso.

De acordo de como está o local do incêndio é possível tirar algumas conclusões que podem ajudar a descobrir a causa ou o foco do mesmo:

- ✓ Uma queima uniforme e superficial no teto é indicativa de queima lenta, tendo, portanto, o calor emergido também de maneira lenta;
- ✓ Uma queima rápida é caracterizada por danos localizados, sendo que o foco estará situado na projeção do dano;
- ✓ Esfumaçamento intenso e rachaduras de janelas são indicativos de uma queima rápida. No caso de uma queima lenta, isto não será visto;
- ✓ Queimas em uma superfície são mais difusas quanto mais lentas tenham ocorrido;
- ✓ Quando queimada rapidamente, a madeira apresentará intensas rachaduras.

Alguns aspectos importantes relacionados à química:

- ✓ Quando o indivíduo, ainda vivo, é atingido pelo fogo, a hemoglobina tende a transformar-se em metahemoglobina. Além disso, a inalação de grandes quantidades de CO implica na formação da carboxiemoglobina. Isso pode esclarecer se determinado indivíduo realmente morreu no local do incêndio ou foi levado para o local já morto. Ao contrário do senso comum, as queimaduras causadas pelo fogo não é a causa principal de mortes relacionadas a incêndios. Na realidade, a principal causa de mortes é a intoxicação ao se inalar monóxido de carbono. Geralmente, as vítimas já estavam mortas quando o corpo foi queimado.

## Explosivos

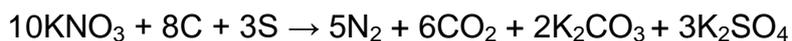
Explosivos são substâncias puras ou misturas que podem sofrer uma decomposição química violenta quando sujeitas a estímulos térmicos, elétricos ou mecânicos. Estes explosivos podem ser sólidos, líquidos ou gasosos. Em relação às possíveis reações químicas dos explosivos existem quatro tipos, havendo em todos eles liberação de muito calor, com a presença de altas temperaturas e de pressão:

- ✓ *Combustão*: processo exotérmico que se desenvolve em baixa velocidade, com queima do combustível de acordo com os pré-requisitos para haver combustão e com a liberação de gases. Não é acompanhada de ondas de choque ou de pressão, nem de efeitos sonoros e mecânicos.
- ✓ *Deflagração*: processo fortemente exotérmico que se desenvolve em alta velocidade, com grande liberação de gases. Devido a uma considerável expansão gasosa é acompanhada de efeitos mecânicos.
- ✓ *Explosão*: processo tão exotérmico quanto à deflagração, porém com queima muito mais veloz, havendo uma brusca e rapidíssima queima do combustível. Ondas de choque e de pressão, bem como efeitos sonoros, caracterizam-na.
- ✓ *Detonação*: processo mais exotérmico dentre os citados e com queima instantânea do combustível. Embora haja efeitos sonoros, o fenômeno caracteriza-se pela formação de ondas de choque.

Existem alguns tipos de explosivos mais utilizados, alguns deles estão caracterizados abaixo:

- ✓ *Pólvora Negra*

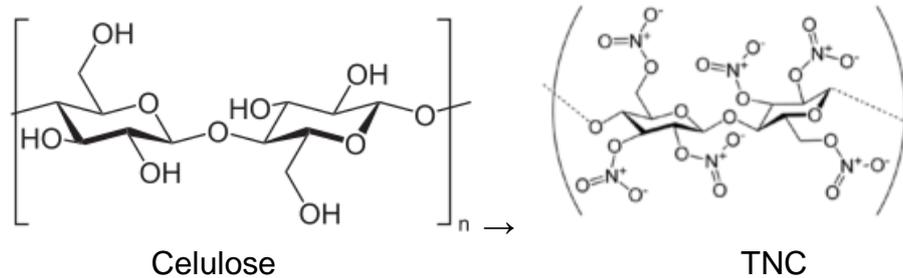
Este tipo de explosivo é composto de 75% de nitrato de potássio, 15% de carvão vegetal e 10% de enxofre. A reação de combustão deste explosivo ao ar está exibida abaixo:



Quando em sistema fechado, como cartuchos de armas, por exemplo, identifica-se outros compostos como nitritos, nitratos, sulfatos, cianatos, dentre outros. Desta maneira, a partir dos compostos presentes no local da investigação são provenientes de uma explosão por pólvora negra e se esta veio de uma bomba caseira ou se é resultado do disparo de uma arma de fogo.

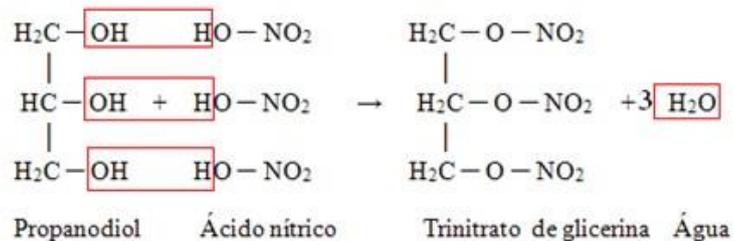
✓ Trinitrato de celulose (TNC)

Este explosivo é obtido a partir da nitração da celulose. Sua combustão é quase instantânea e deixa uma quantidade muito pequena de resíduos sólido.



✓ Trinitrato de Glicerina (TNG)

Mais conhecido com nitroglicerina, e é obtido a partir da nitração do propanodiol.



O TNG é um líquido oleoso, insolúvel em água e extremamente sensível tanto à temperatura quanto ao choque mecânico, logo, deve ser manuseado com extremo cuidado. Sua combustão ao ar gera  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ . Para haver a produção de dinamite, é utilizado um agente estabilizante ou gelatinizante.

## Referências Bibliográficas

- [1] FARIAS, R. F. de. Introdução à Química Forense, 2ª edição, editora Átomo, 2008. P. 13;
- [2] CHEMELLO, E. Química Virtual. Disponível em <[http://www.quimica.net/emiliano/artigos/2006dez\\_forense1.pdf](http://www.quimica.net/emiliano/artigos/2006dez_forense1.pdf)>. 2006. Data de acesso em 16 de fevereiro de 2017. P. 1-2;
- [3] LIMA, A. S.; SANTOS, L. G. P.; LIMA, A. A.; ARÇARI, D. P.; ZANIN, C. I. C. B. Química Forense. Disponível em <[http://www.unifia.edu.br/revista\\_eletronica/revistas/gestao\\_foco/artigos/ano2011/qui\\_forense.pdf](http://www.unifia.edu.br/revista_eletronica/revistas/gestao_foco/artigos/ano2011/qui_forense.pdf)>. Data de acesso em 16 de fevereiro de 2017;
- [4] BELL, S. Forensic Chemistry. The Annual Review of Analytical Chemistry, 2009;
- [5] ALFRED L. Forensic Chemistry. Disponível em <[http://www.oxfordreference.com/page/forensic\\_chemistry](http://www.oxfordreference.com/page/forensic_chemistry)>. Data de acesso em 26 de fevereiro de 2017;
- [6] Disponível em <<https://www.portaleducacao.com.br/farmacia/artigos/38118/aspectos-historicos-da-quimica-forense>>. Data de acesso em 26 de fevereiro de 2017;
- [7] Oficina de Física e Química Forense- Unicentro. Disponível em <[www.colegiobarbosa.com.br](http://www.colegiobarbosa.com.br)>. Data de acesso em 19 de agosto de 2016;
- [8] A Perícia Criminal e a Interdisciplinaridade no ensino de Ciências Naturais. Química Nova na Escola. Volume 32, Nº 2, Maio de 2010;
- [9] Trabalho de Intervenção sobre Química Forense – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID Química, 2016);
- [10] Sítio da American Academy of Forensic Sciences. Disponível em <<http://www.aafs.org>>. Data de acesso em 26 de fevereiro de 2017;
- [11] ZARZUELA, J.L. Química Legal. Em: TOCHETTO, D. (Coord.). Tratado de perícias criminalísticas. Porto Alegre: Ed. Sagra-DC Luzzatto, 1995. p. 164-169;
- [12] HO, M. H. Analytical methods in forensic chemistry. Nova Iorque: Ellis Horwood, 1990;
- [13] STUMVOLL, V.P. e QUINTELA, V. Criminalística. Em: TOCHETTO, D. (Coord.). Tratado de perícias criminalísticas. Porto Alegre: Ed. Sagra-DC Luzzatto, 1995. p. 47-52;
- [14] Disponível em <[www.revista.oswaldocruz.br](http://www.revista.oswaldocruz.br)>. Data de acesso em 27 de fevereiro de 2017;
- [15] Disponível em <[www.cforense.webnode.com.br](http://www.cforense.webnode.com.br)>. Data de acesso em 27 de fevereiro de 2017;
- [16] Disponível em <[www.ambito-juridico.com.br](http://www.ambito-juridico.com.br)>. Data de acesso em 27 de fevereiro de 2017;
- [17] Disponível em <[www.repositorio.unicamp.br](http://www.repositorio.unicamp.br)>. Data de acesso em 27 de fevereiro de 2017;

<http://www.todabiologia.com/dicionario/esperma.htm>

[http://www.news-medical.net/health/Semen-Physiology-\(Portuguese\).aspx](http://www.news-medical.net/health/Semen-Physiology-(Portuguese).aspx)

[https://www.ufpe.br/sbqrecife/images/documentos/curso%20quimica%20forense%20sbq\\_parte%201\\_andre%20braz.pdf](https://www.ufpe.br/sbqrecife/images/documentos/curso%20quimica%20forense%20sbq_parte%201_andre%20braz.pdf)

<http://colunas.revistaepoca.globo.com/sexpedia/2010/02/11/tudo-o-que-voce-queria-ou-nao-saber-sobre-semen/?cp=1#comments>

<http://www.cpgls.pucgoias.edu.br/6mostra/artigos/SAUDE/LUANA%20RAQUEL%20PINHEIRO%20DE%20SOUSA.pdf>

<http://brasilecola.uol.com.br/biologia/saliva.htm>

<http://www.todabiologia.com/dicionario/saliva.htm>

<http://www.uel.br/pessoal/buzato/pages/arquivos/seminarios/A1.pdf.pdf>

<http://www.todabiologia.com/dicionario/urina.htm>

<http://quipibid.blogspot.com.br/2016/02/quimica-forense-exame-de-dna.html>

<http://www.ic.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=7>

<http://pontobiologia.com.br/extraindo-dna-do-morango/>

FARIAS, Robson Fernandes. Introdução a química forense. Campinas, SP. Editora Átomo, 2008, 2ª edição.

D'ALMEIDA, Maria Luiza Otero. Documentoscopia: o papel como suporte de documentos. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo em parceria com Instituto de Criminalística. São Paulo, 2005.