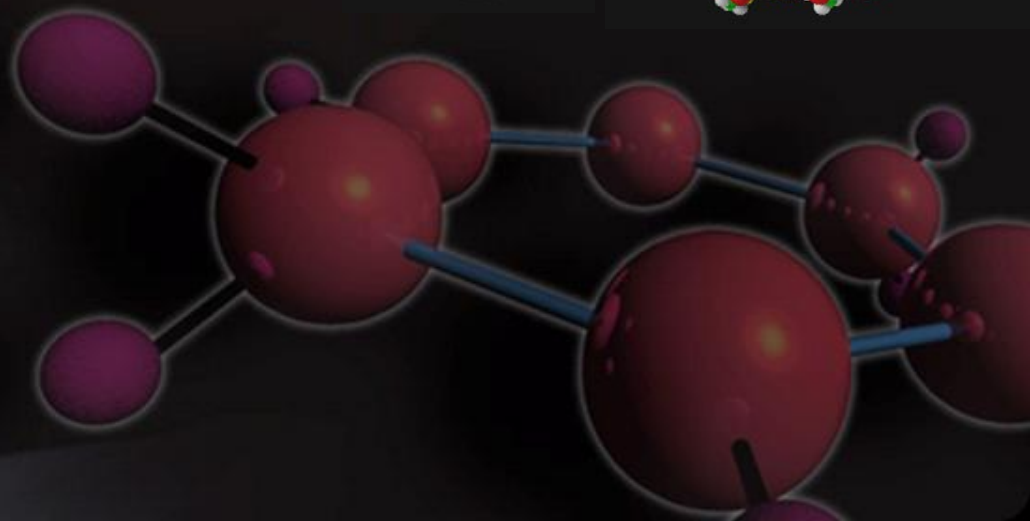
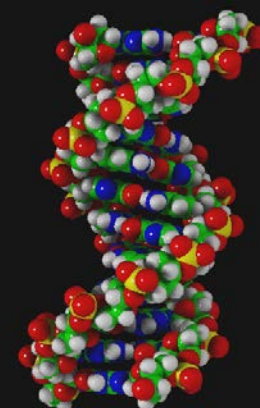




VI Fórum de Ensino Superior da Área Química

Química Forense

Márcia Guekezian
marciaguekezian@yahoo.com.br



CIÊNCIAS FORENSES

Física, Biologia, **QUÍMICA**, Matemática e várias outras áreas, com o objetivo de dar suporte às investigações relativas à justiça civil e criminal.

- ▶ Investigações criminais - foco principal do profissional forense - **CONFIRMAR** ou **DESCARTAR** a autoria e envolvimento do(s) suspeito(s).



Criminologia



Entomologia



Los más buscados

Unos llegan para alimentarse del cadáver, otros para cazar y algunos, por accidente. Lo cierto es que dependiendo de los bichos que encuentren en la escena del crimen, los forenses determinan el tiempo de muerte de la víctima. Estos insectos tienen las claves de la muerte en Bogotá.

FRESCO

(0-2 días)

HINCHADO

(3-15 días)

• *Calliphoridae*
(Mosca)



Las hembras depositan sus huevos en las partes húmedas.

• *Calliphora vicina*
(Mosca)



La primera mosca que llega a los cuerpos en Bogotá.

• *Lucilia eximia*
(Mosca)



Llega a los pocos minutos de la muerte en ciudades como Medellín.

• *Sarcophagidae*
(Mosca)



Lanzan sus larvas, no ponen huevos, y estas se alimentan de tejidos que ya han iniciado la fase de putrefacción.

• *Muscidae*
(Mosca)



Ayudan en la caracterización del lugar de la muerte, ya que algunas se asocian a viviendas, basureros o establos.

DESCOMPOSICIÓN

DESC. ACTIVA

(16-20 días)

DESC. AVANZADA

(21-61 días)



• *Siphidae*
(Escarabajo)

Entierran trozos de tejido blando del cadáver y sobre ellos depositan sus huevos.



• *Siphidae*
(Escarabajo)

Se alimenta de las larvas presentes en los cadáveres.



• *Formicidae*
(Hormiga)

Ser utilizan en casos donde se sospecha el traslado del cuerpo.



• *Sarcophagidae*
(Mosca)

Aumentan la temperatura corporal y aceleran la descomposición.

RESTOS

(63-184 días en adelante)



• *Dermestidae*
(Escarabajo)

Se alimentan de tejido seco adherido a los huesos.



• *Necrobia rufipes*
(Escarabajo)

Son característicos de cuerpos en fase de esqueletización.



• *Prophila casali*
(Mosca)

Se encuentran entre las articulaciones y los huesos.

Infografía por @matiasluciano

Antropologia



Toxicologia



Balística



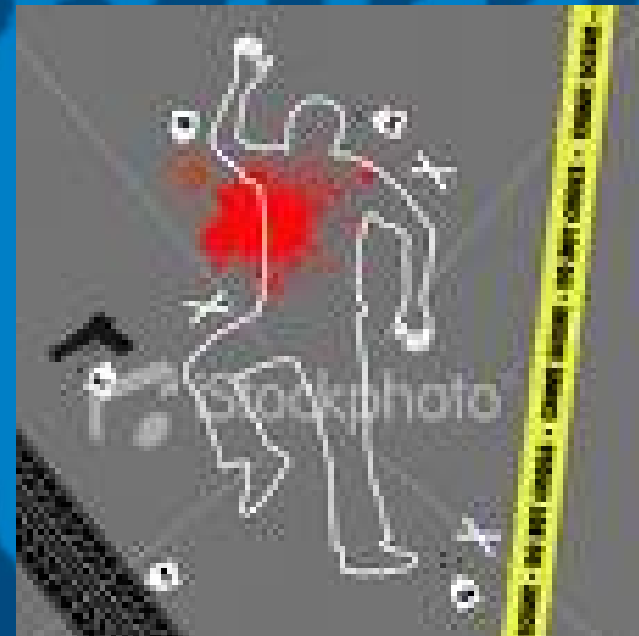
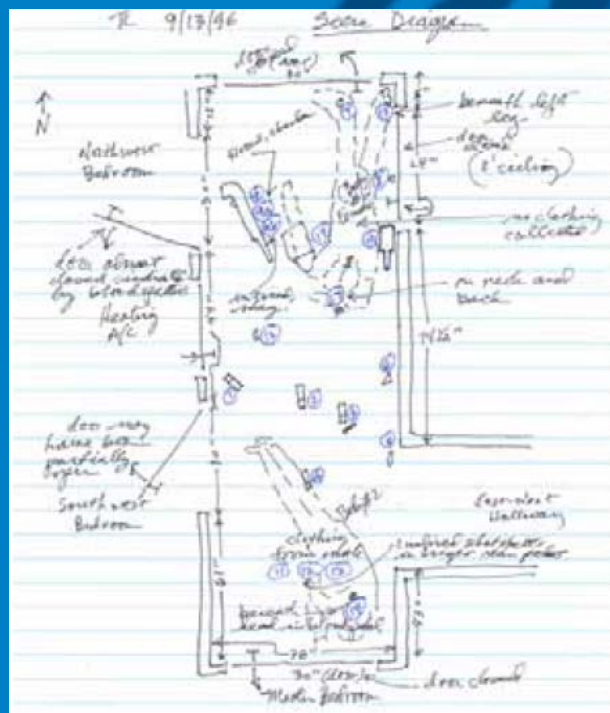
Odontologia



Química Forense – Química Analítica



LOCAL DO CRIME



PROVAS NO LOCAL

► **Principais provas:** Manchas, Impressões e Marcas, Armas (brancas ou de fogo), Instrumentos, Peças de Vestuários, Pêlos, Cabelos, Documentos, Venenos, Pós, Poeiras e Cinzas.

► **Manchas:**

Orgânicas: sangue, esperma, fezes e vômito;

Inorgânicas: cera, lama, ferrugem, tinta e pólvora

Substâncias Químicas: Modelagem Criminalística

Parafina: (Hidrocarbonetos) reprodução de dentes, impressões de pneu, solados de calçados, moedas. Alta Pureza, Brilho e odor reduzido.

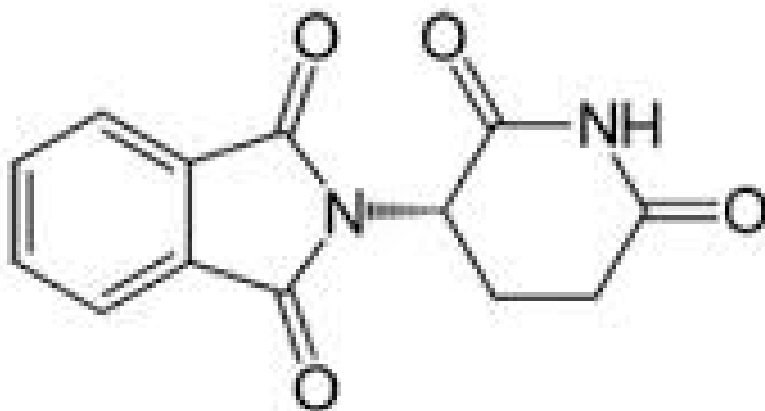
Gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$): impressões de pneus.

Godiva: (material termoplástico): preparo de moldes de arcada dentária.

Plastisol: (material termoplástico): mistura de resinas plásticas com plastificantes, estabilizantes e pigmentos, utilizada para moldes em geral.

Toxicologia Forense - Introdução

- ▶ **Séc. XIV - Paracelsus - diferença entre medicamento e veneno - dose**
- **Toxicologia** - ciência que estuda os efeitos adversos de substâncias químicas, como drogas, fármacos e toxicantes sobre os organismos vivos.
- Segunda Guerra - efeitos dos antibióticos.
- **Talidomida** - hipnótico e sedativo - má formação.



Toxicologia Forense - Áreas

- ▶ **Toxicologia Ambiental** - interação dos **contaminantes químicos ambientais** com os organismos humanos.
- ▶ **Toxicologia Ocupacional** - interação dos contaminantes do **ambiente de trabalho** com o indivíduo exposto e o impacto sobre sua saúde.
- ▶ **Toxicologia de Alimentos** - **agentes químicos presentes nos alimentos**, contaminantes ou substâncias químicas.

Toxicologia Forense - Áreas

- ▶ **Toxicologia Social** – substâncias químicas (**drogas**) ou **fármacos** usados pelo homem na sociedade.
- ▶ **Toxicologia Forense** – substâncias químicas, **geralmente *post mortem***. Busca da evidência na identificação da presença de substância química (agente tóxico) na investigação criminal – elucidar incidentes, acidentes, suicídios e homicídios.

Toxicologia Forense - Áreas

- ▶ **ANVISA** – controla a qualidade dos alimentos, medicamentos, saneantes, pesticidas, dispositivos médicos, cosméticos no comércio interestadual.
- ▶ **NOTIVISA** – Notificação de Efeitos Adversos.
 - 25% dos medicamentos lançados sai do mercado em até 2 anos.
 - 50% uso suspenso em 5 anos.

Classificação de Agentes Tóxicos

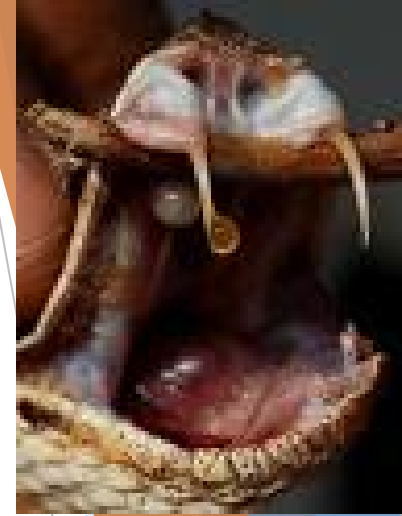
- ▶ **- Quanto às Características Físicas:**
- ▶ **Gases** – fluidos sem forma que permanecem no estado gasoso em condições normais de T e P. Ex. HCN, CO, CO₂, NO_x.
- ▶ **Vapores** – formas gasosas de substâncias normalmente sólidas ou líquidas nas condições ambientais. Ex. vapores resultantes da volatilização de solventes orgânicos, como: gasolina, tolueno, xileno, iodo.
- ▶ **Partículas ou aerodispersoides** – partículas de tamanho microscópico, em estado sólido ou líquido. Ex. poeiras e fumos, neblinas e névoas.

Classificação de Agentes Tóxicos

- ▶ **Quanto às características químicas:**
- ▶ *Baseia-se na estrutura química das substâncias quanto ao interesse toxicológico. Ex. halogênios, produtos ácidos e alcalinos, hidrocarbonetos alifáticos, hidrocarbonetos aromáticos, metais potencialmente tóxicos.*
- ▶ **Quanto ao tipo de ação tóxica** (ou órgão onde atuam):
- ▶ *Nefrotóxico, neurotóxico, hepatotóxico.*



DROGAS DE ABUSO



Drogas e Classificações

- ***Drogas:*** Qualquer substância não produzida pelo organismo que tem a propriedade de atuar sobre um ou mais de seus sistemas, causando alterações em seu funcionamento.
- Classificação segundo um ponto de vista legal:
 - ✓ Lícitas.
 - ✓ Ilícitas.
- Classificação de acordo com a ação no Sistema Nervoso Central (SNC):
 - ✓ Drogas depressoras – diminuem a atividade do cérebro.
 - ✓ Drogas estimulantes – aumentam a atividade do cérebro.
 - ✓ Drogas perturbadoras – produção de alucinação ou ilusão .

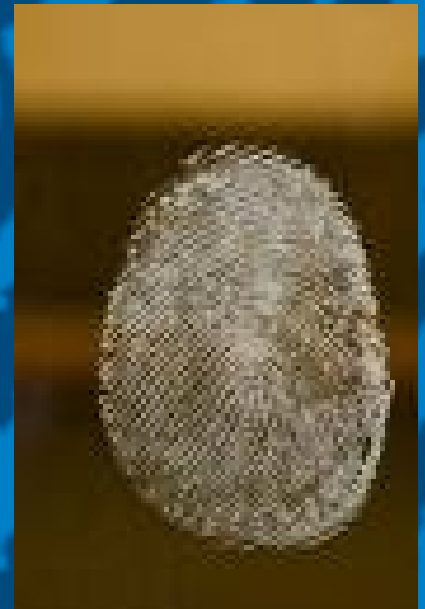
ECSTASY

Teste de SIMONS: amostra, 1 gota de acetaldeído, 1 gota de nitroprussiato de sódio ($\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 2 gotas de solução de carbonato de sódio. **Coloração:** azul

Teste de MARQUIS: amostra, 1 gota de solução aquosa de formaldeído. **Coloração:** preto.



IMPRESSÕES DIGITAIS

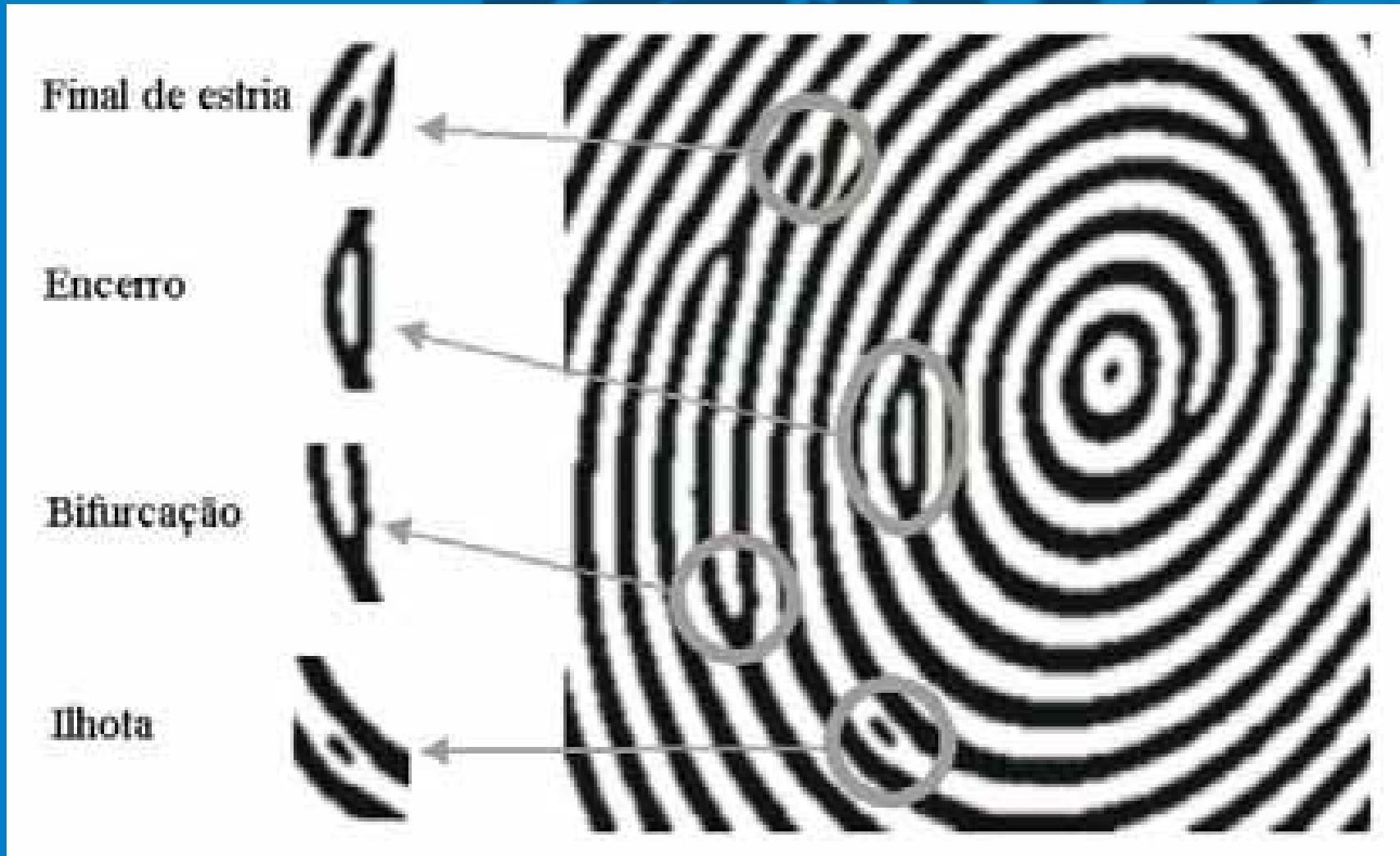


IMPRESSÕES DIGITAIS

- Probabilidade da ocorrência de duas impressões digitais idênticas - 1 em 64 bilhões.
- Desde 1903 o Brasil adotou a impressão digital como método de identificação de indivíduos.



IMPRESSÕES DIGITAIS



COMPOSIÇÃO PADRÃO DE UMA DIGITAL

Glândulas	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

TIPOS DE PÓ

Pós Pretos		
Pó Óxido de Ferro	Óxido de Ferro Resina Negro-de-fumo	50 % 25 % 25 %
Pó dióxido de manganês	Dióxido de manganês Óxido de Ferro Negro-de-fumo Resina	45 % 25 % 25 % 5 %
Pó negro-de-fumo	Negro-de-fumo Resina Terra de Fuller	60 % 25 % 15 %
Pós Brancos		
Pó óxido de titânio	Óxido de titânio Talco Caulin	60 % 20 % 20 %
Pó carbonato de chumbo	Carbonato de chumbo Goma arábica Alumínio em pó Negro-de-fumo	80 % 15 % 3 % 2 %

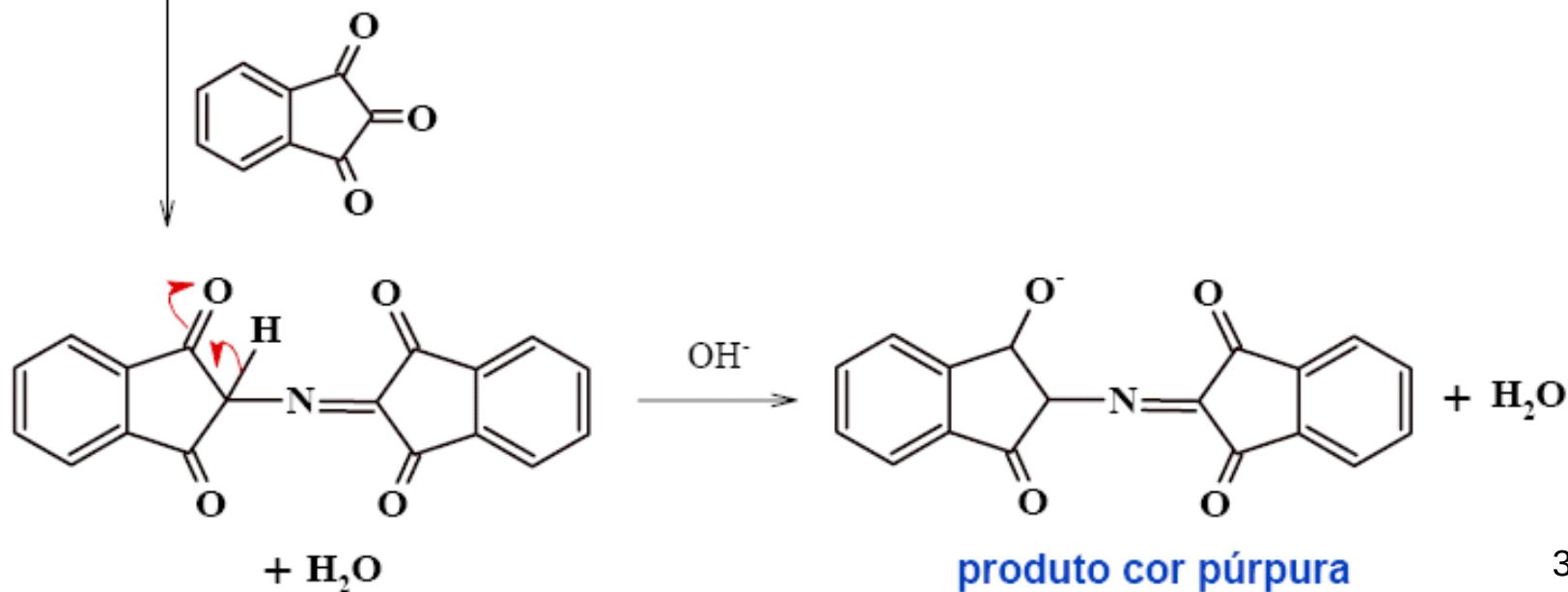
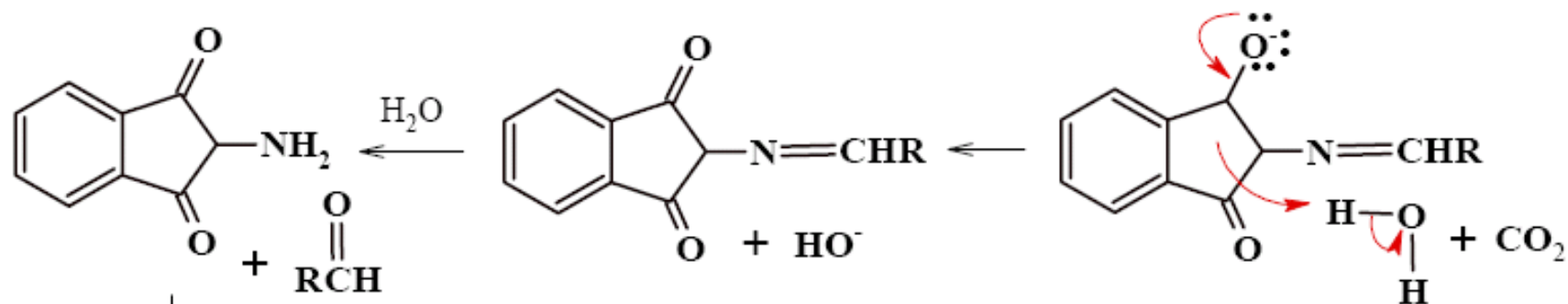
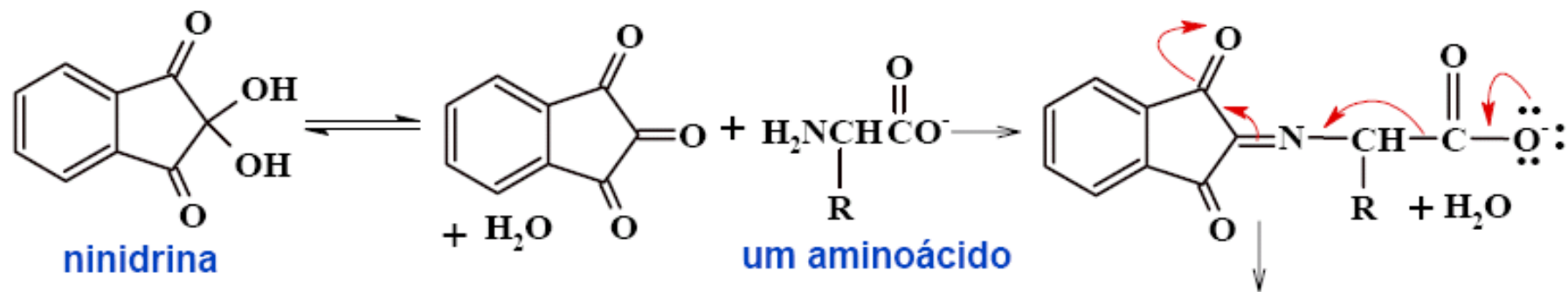
TÉCNICA DO PÓ

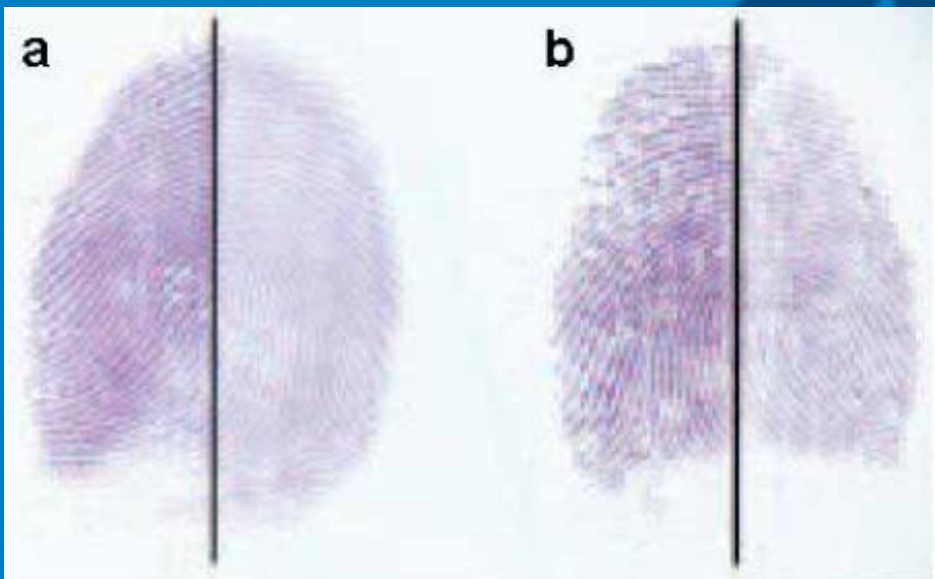


Precipitação de sais de cloreto com nitrato de prata



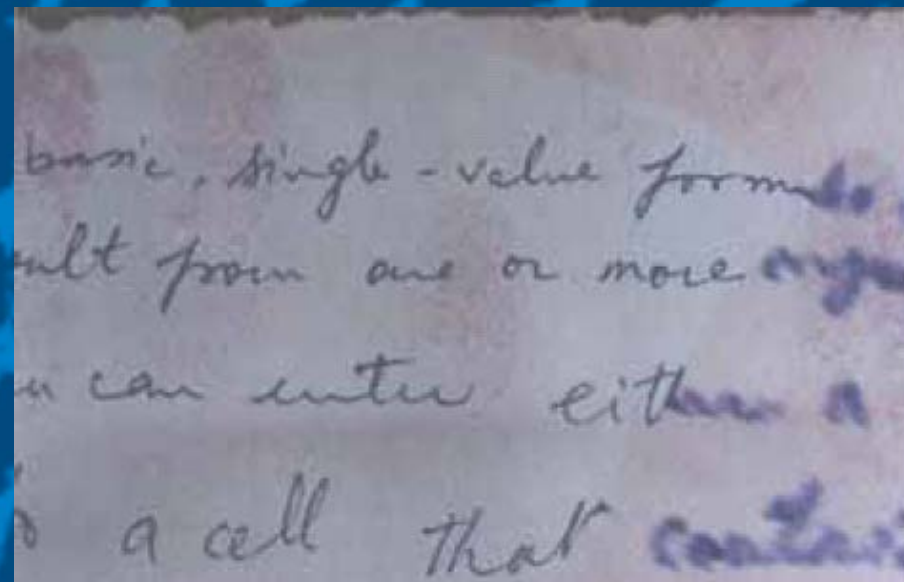
*The Journal of Criminal Law,
Criminology, and Police Science*, Vol.
60, No. 2 (Jun., 1969), pp. 258-264





Revelação de impressões digitais:

- a) esq: solvente comercial;
dir: éter de petróleo
- b) esq: solvente comercial;
dir: CFC-113



Impressões digitais reveladas com ninidrina em papel.

SUPERFÍCIE		MÉTODO
01	Lisa, não porosa	Pós, iodo, Cianoacrilato reagente de pequenas partículas
02	Irregular, não porosa	Reagente de pequenas partículas, Cianoacrilato
03	Papel e papelão	Iodo, Ninidrina, DFO, Nitrato de Prata, pós, Revelador Físico
04	Embalagens plásticas	Iodo, reagente de pequenas partículas, Cianoacrilato, pós
05	PVC, borracha e couro	Iodo, reagente de pequenas partículas, Cianoacrilato, pós
06	Metais não tratados	Reagente de pequenas partículas, Cianoacrilato,
07	Superfícies s/ acabamento	Ninidrina, Nitrato de Prata, pós, Revelador Físico
08	Superfícies enceradas	Pós (não magnéticos), Cianoacrilato

- 1) Lisa, não porosa: vidros, plásticos rígidos, superfícies envernizadas ou pintadas.
- 2) Irregular, não porosa: superfícies irregulares como moldagens de plásticos granulados.
- 3) Papel e papelão: papel, cartolina, papelão, gesso não encerados ou plastificados.
- 4) Embalagens plásticas: polietileno, acetato de celulose, papel laminado.
- 5) PVC, borracha e couro: couro sintético e películas adesivas.
- 6) Metais não tratados: superfícies metálicas brutas, não laqueadas ou pintadas.
- 7) Superfícies s/ acabamento: superfícies de madeiras sem acabamento, não pintadas ou tratadas.
- 8) Superfícies enceradas: artigos feitos de cera, papel, papelão e madeiras enceradas.
- 9) Superfícies adesivas: superfícies adesivas que não se dissolvem em água.

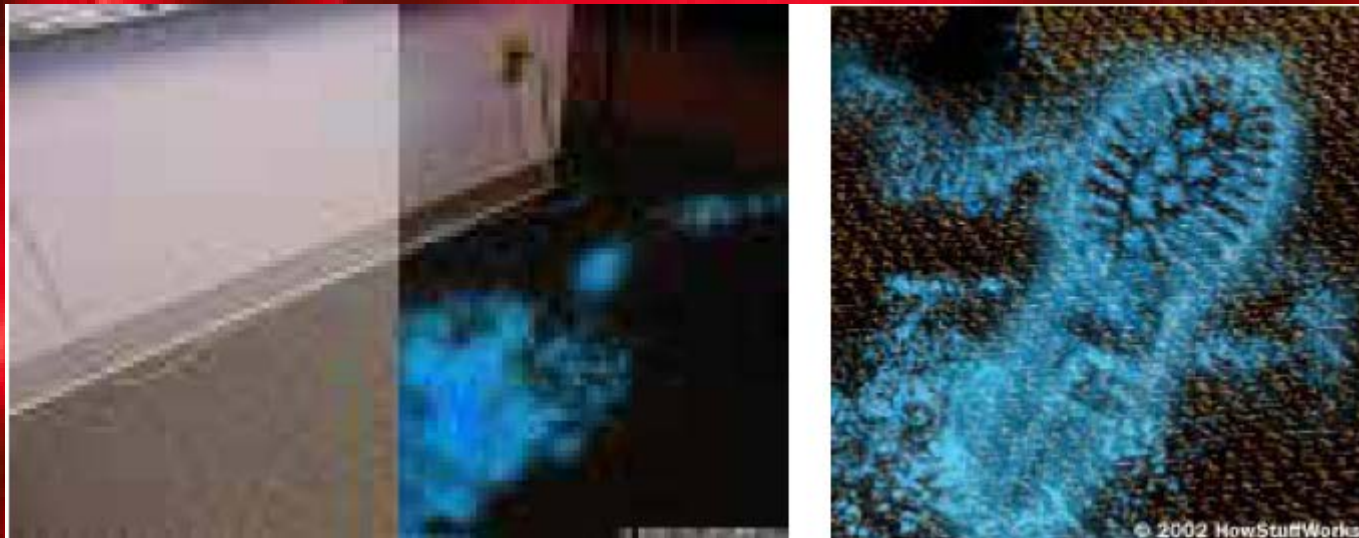
The background of the slide is a close-up, artistic rendering of several red blood cells. The cells are depicted as biconcave discs, with a bright red outer rim and a darker, almost black center, creating a sense of depth and texture. They are arranged in a somewhat overlapping pattern, filling the entire frame.

Revelando manchas de sangue ocultas

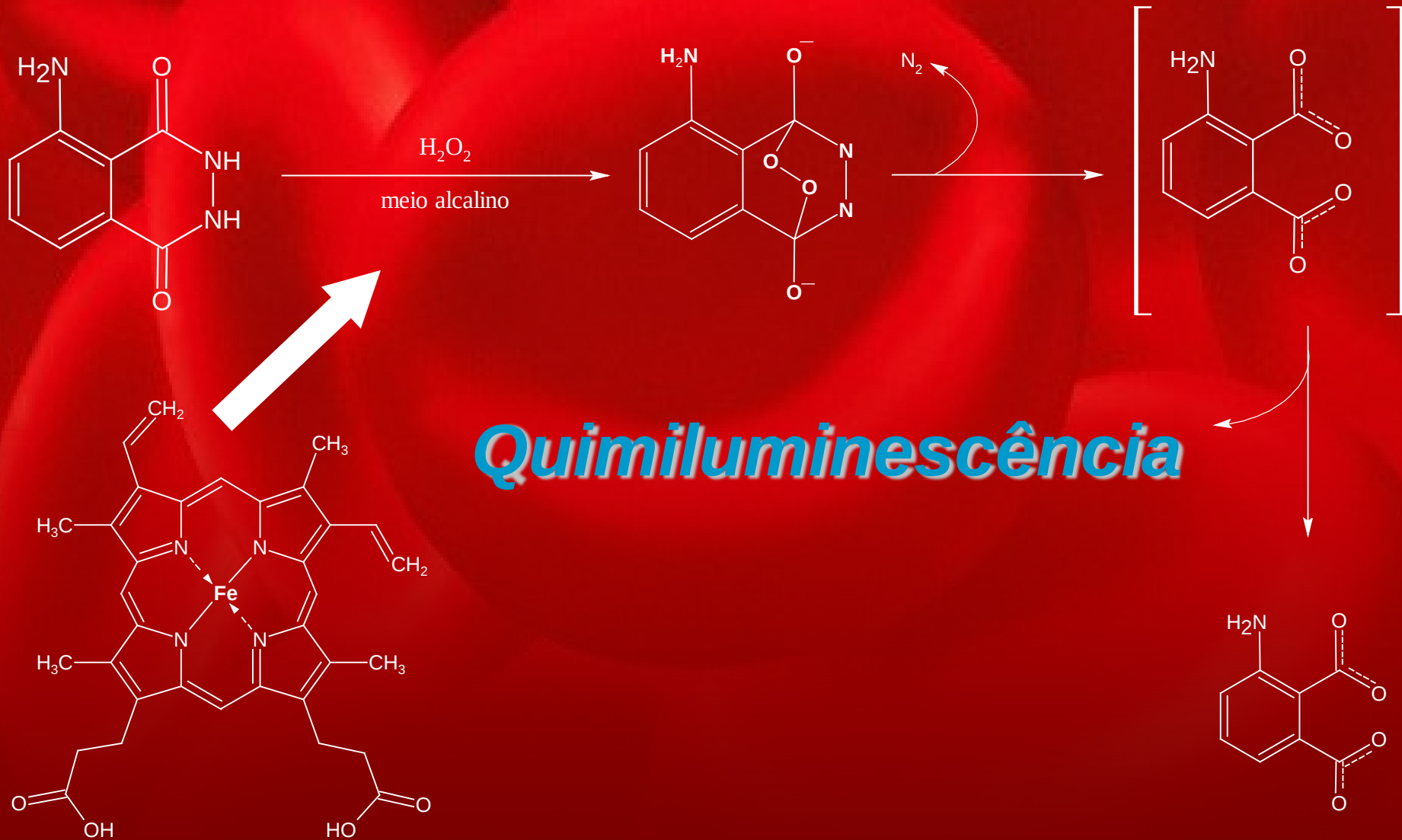
MANCHAS DE SANGUE (LUMINOL)

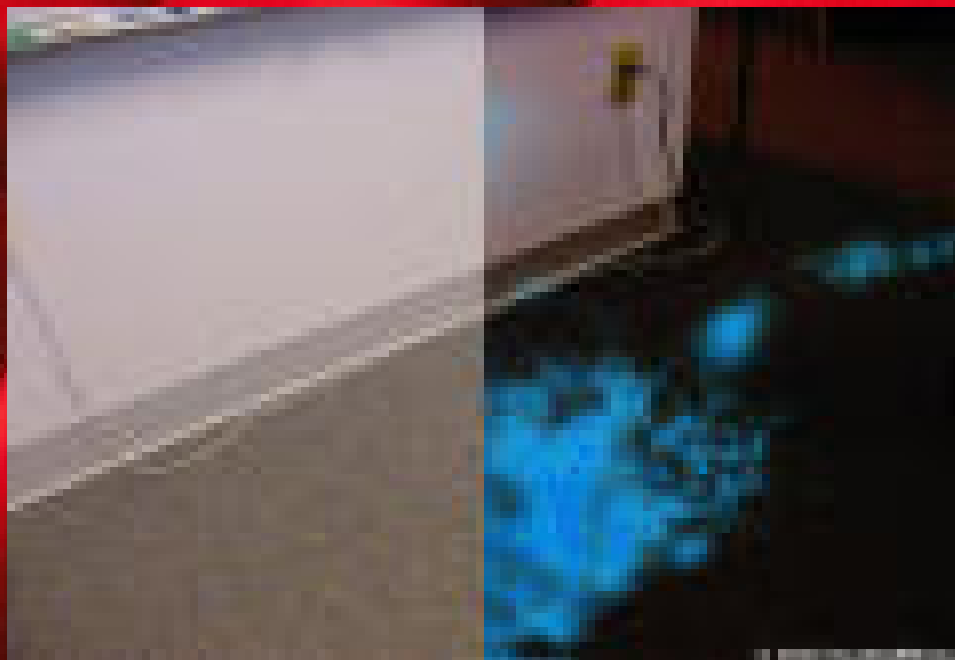
5-amino-2,3-di-hidro-1,4-ftalazinadiona
luminol

Reação Quimiluminescente

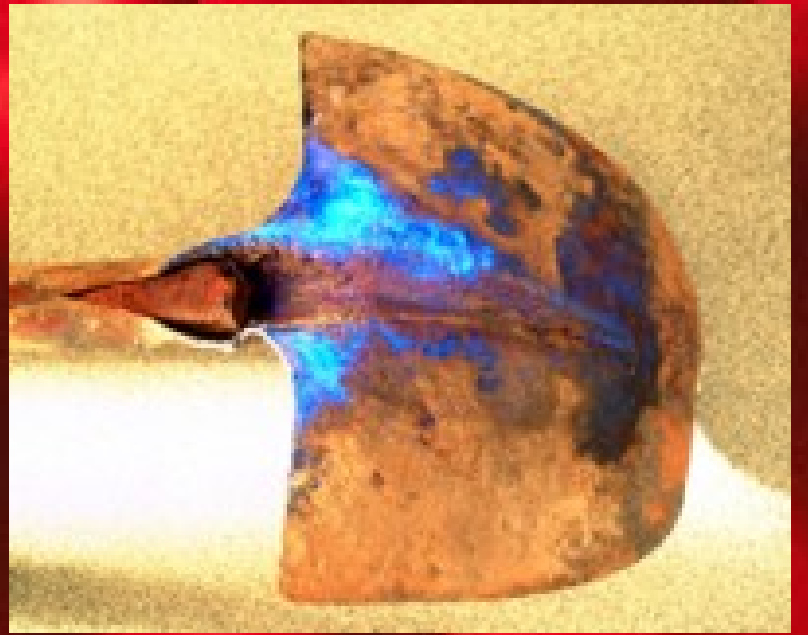


Quimiluminescência do Luminol





Sensibilidade do luminol ao sangue pode chegar a 1 $\mu\text{g/mL}$



A close-up photograph of a bullet, showing its pointed tip and textured surface. The bullet is in sharp focus, while the background is filled with many other bullets, creating a bokeh effect of out-of-focus light spots. The lighting is warm and dramatic, highlighting the metallic texture of the bullet in the foreground.

Balística Forense

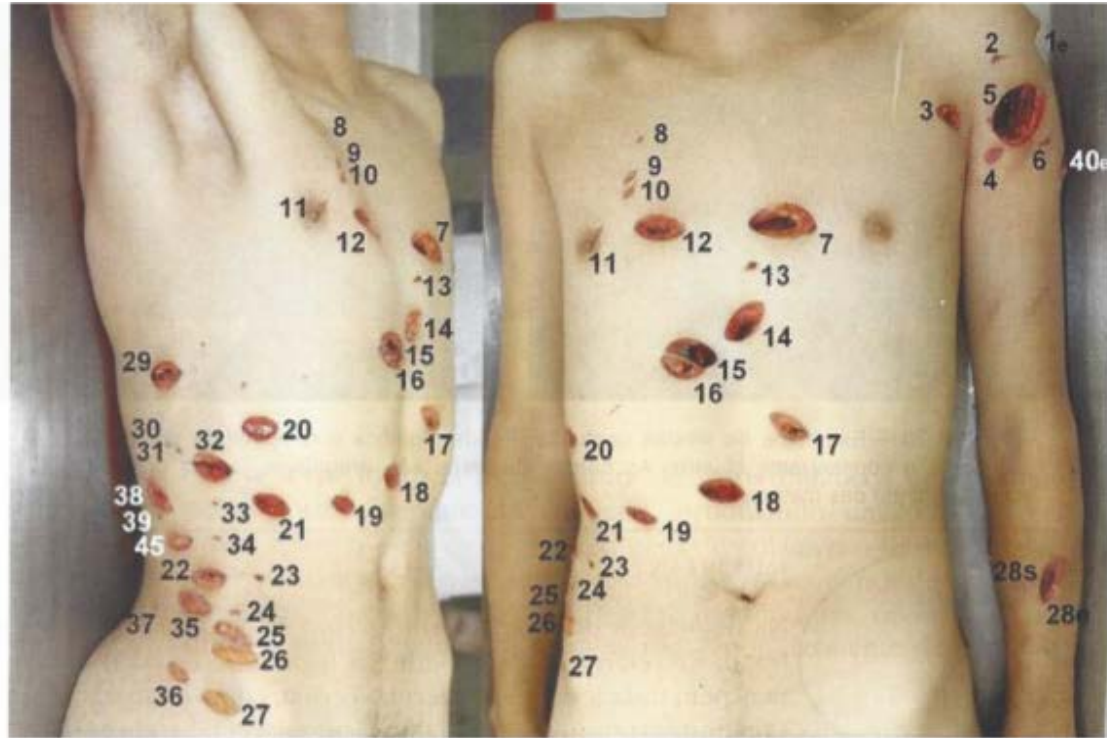
ARMAS - DEFINIÇÃO

- ▶ **Classificadas em:**
- ▶ **Armas Próprias** – fins específicos como armas – espada, punhal.
- ▶ **Armas Impróprias** – fins não específicos – martelo, machado, foice.
- ▶ **Armas próprias:**
- ▶ **Manuais** – facas, espada e punhal – armas brancas.
- ▶ **De Arremesso** – granada, dardo, flecha.

ARMAS - CLASSIFICAÇÃO

- ▶ **Tipos de Lesões:**
- ▶ **Perfurantes ou cortantes** - faca, bisturi, canivete, navalha, lâmina de barbear, pedaço de vidro, linha com cerol, punhal.
- ▶ **Contundentes** - transferência de energia cinética - queda de altura, porrete, pedra, cassetete, bastão, coronha de arma de fogo, barra metálica, martelo, tijolo.
- ▶ **Perfurocontundentes** - produzem lesões -causam a perfuração e ruptura de tecidos, com ou sem laceração e esmagamento. (Armas de Fogo).
- ▶ **Cortocontundentes** - facão, machado, foice, enxada, moto-serra, rodas de trem.
- ▶ **Tipificação lesional** - bofetadas - rosto e nádegas.

Pérfero-incisas



Pérfero-contusa



Corto-contusa



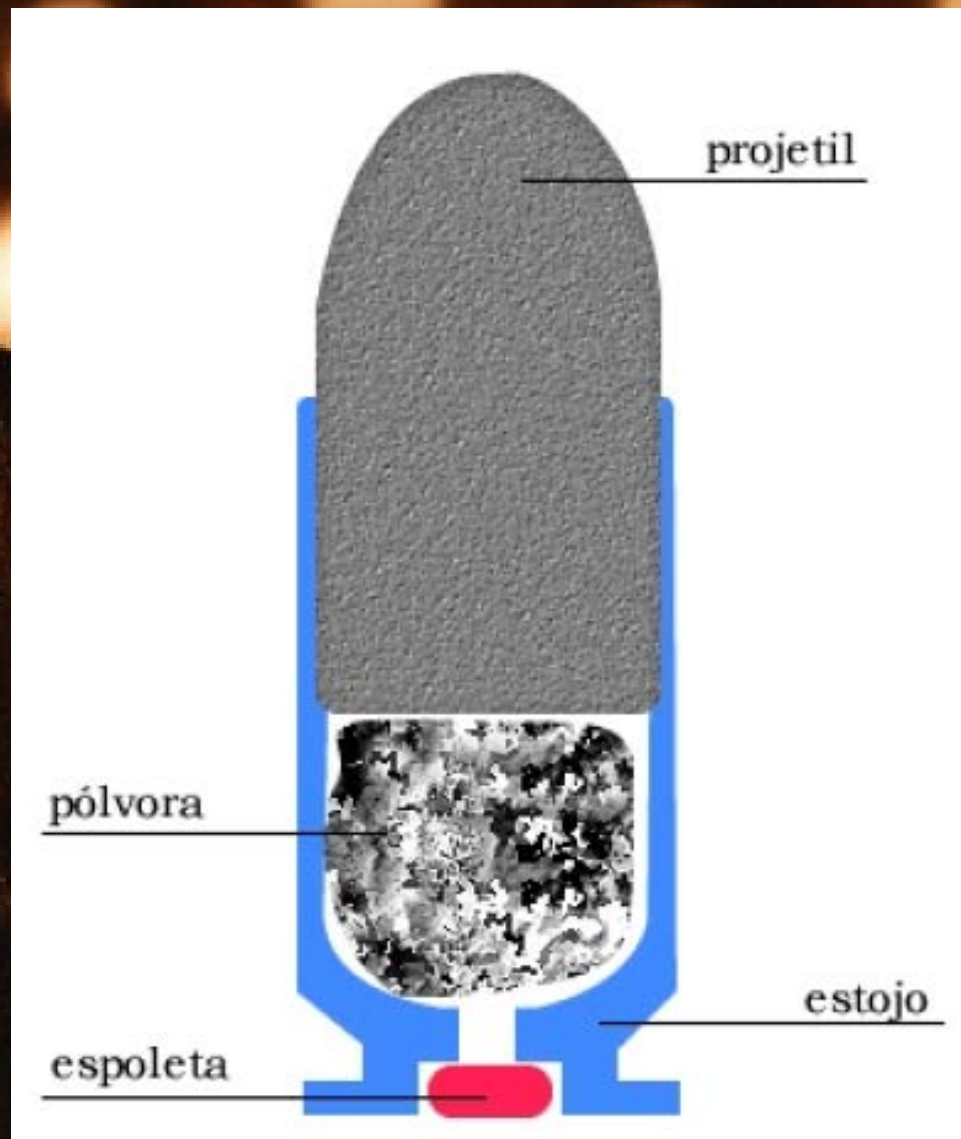
Pólvora

Para cartuchos calibre 38 SPL, por exemplo, é usada a pólvora CBC 216, a qual é constituída por 97 % de nitrocelulose, 1,5% de difenilamina, 1,0 % de sulfato de potássio e 0,2 % de grafite.

Espoleta Estifinato de chumbo
Nitrato de bário
Sulfeto de antimônio

Projétil

Liga de Chumbo com um pouco de antimônio (1 a 2 %)





Combustão do iniciador e propelente



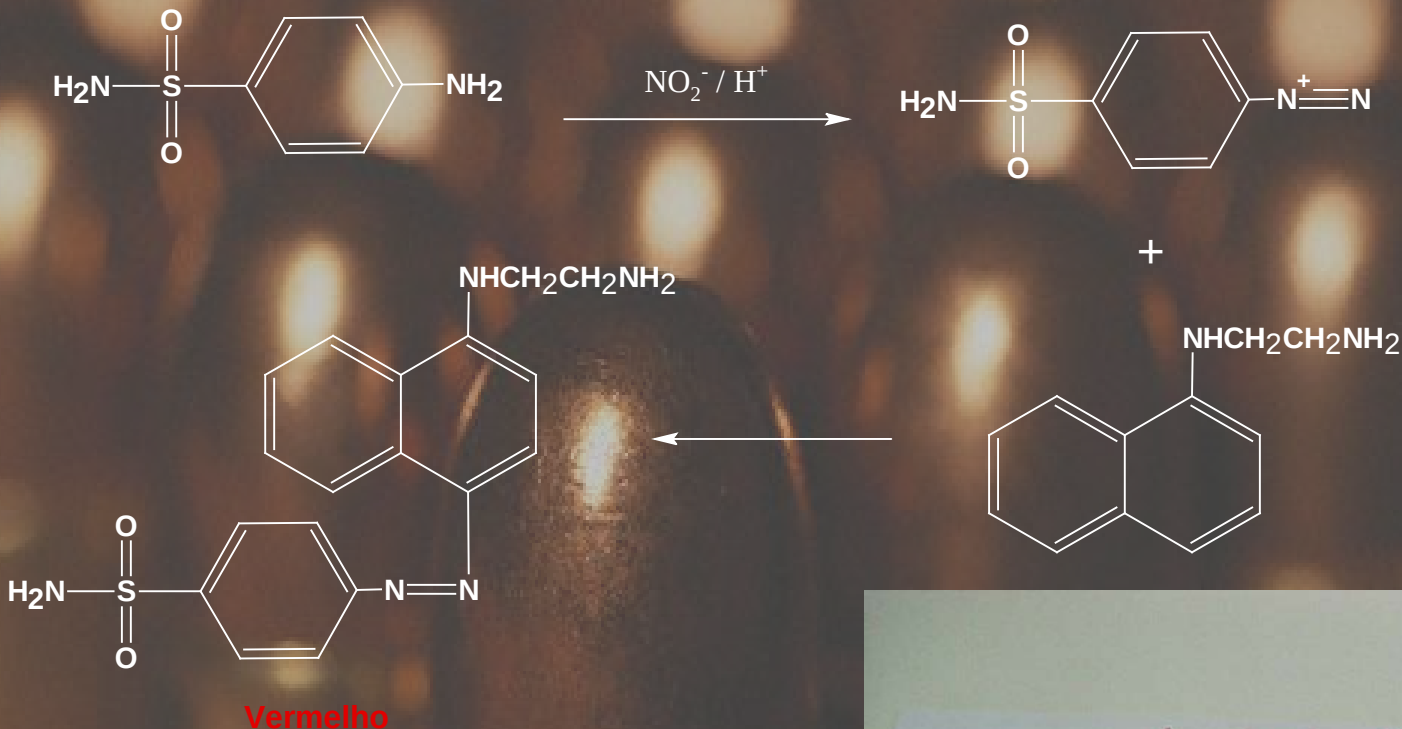
Resíduos originados



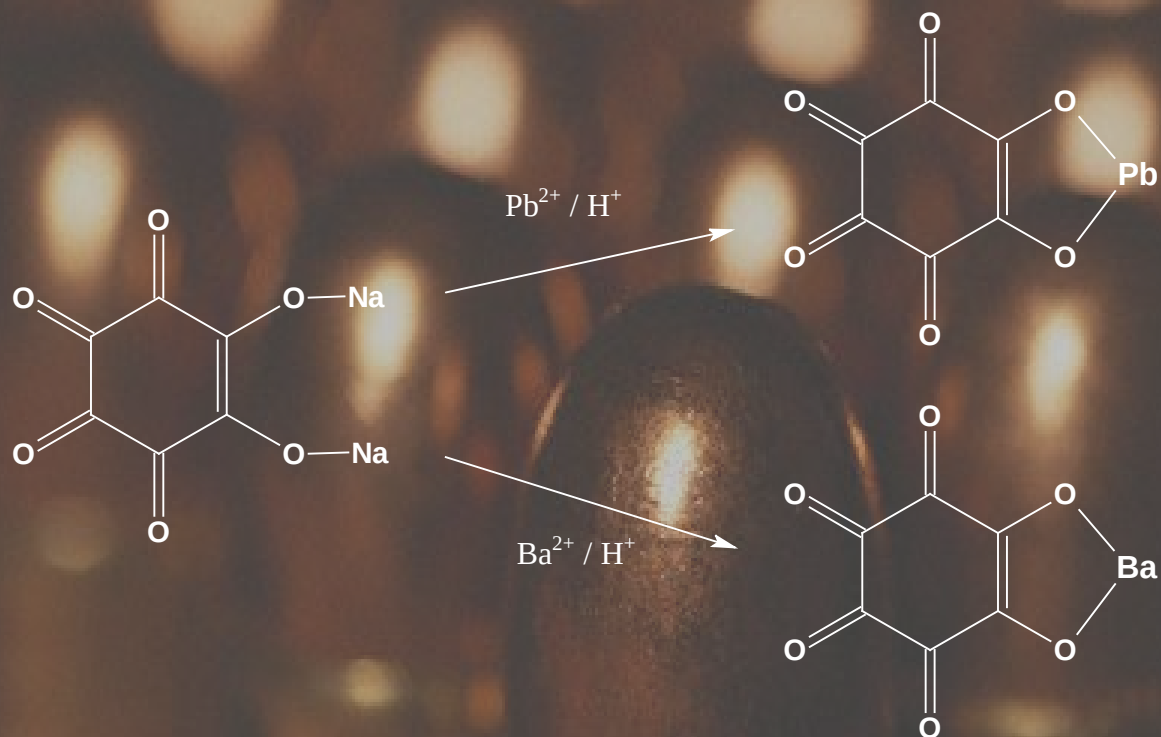
Metálicos:
Pb, Ba, Sb

Não metálicos:
Nitratos, Nitritos e Orgânicos

Presença de Nitritos: teste de Griess



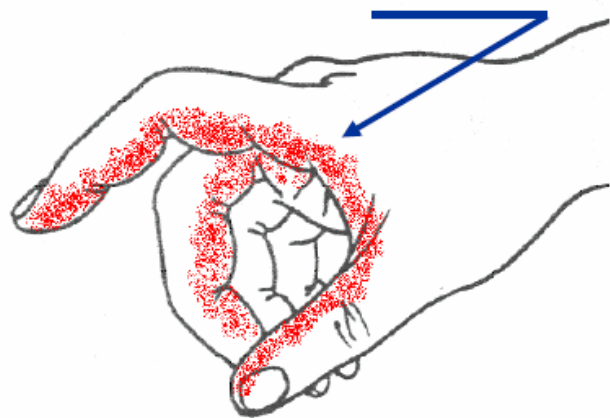
Detecção de Chumbo e Bário – Teste com Rodizonato



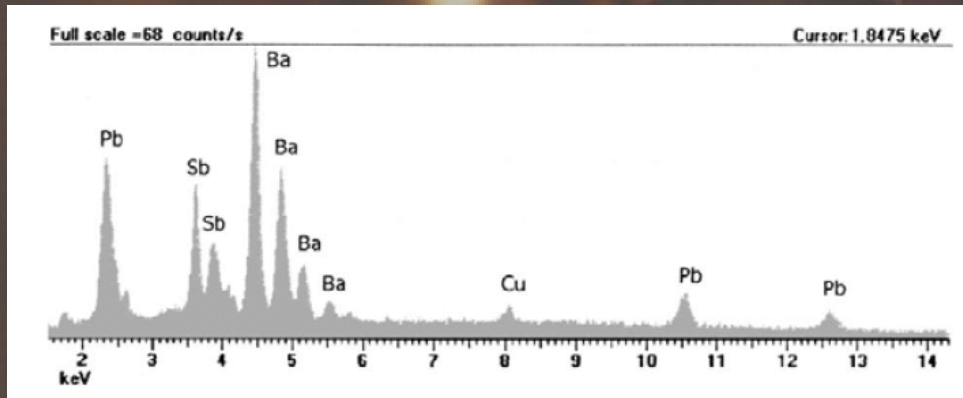
Vermelho Vivo

Vermelho Escuro

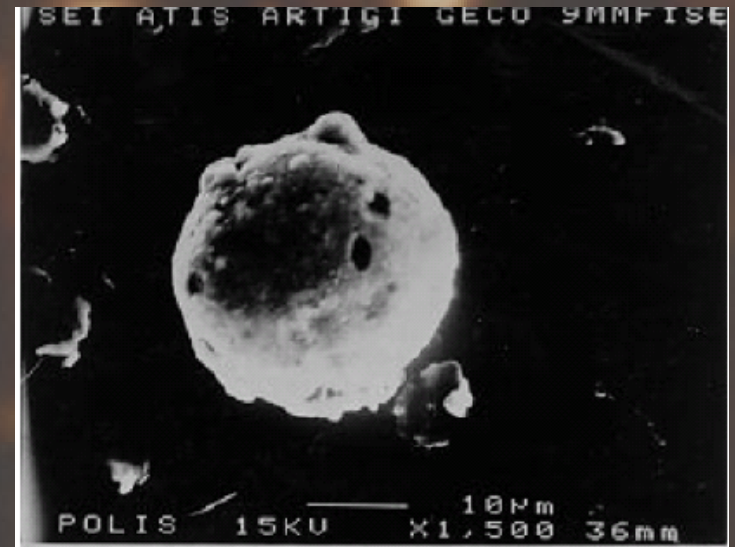
RESÍDUOS DO PROPELENTE E DA ESPOLETA



Raios-X característicos



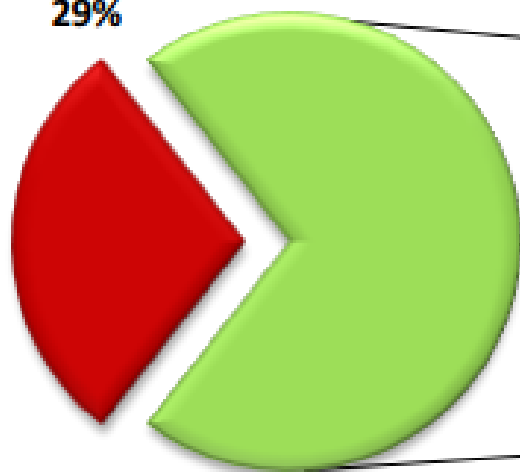
Elétrons Secundários



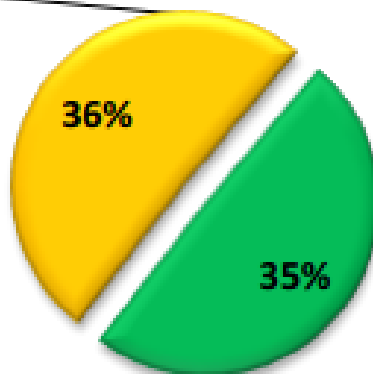
Agrotóxicos na produção agrícola



Insatisfatório
29%



Satisfatório
71%



Amostras satisfatórias com resíduos

Amostras satisfatórias sem resíduos detectados

Alimentos insatisfatórios quanto à presença de agrotóxicos



59 %



52 %



41 %

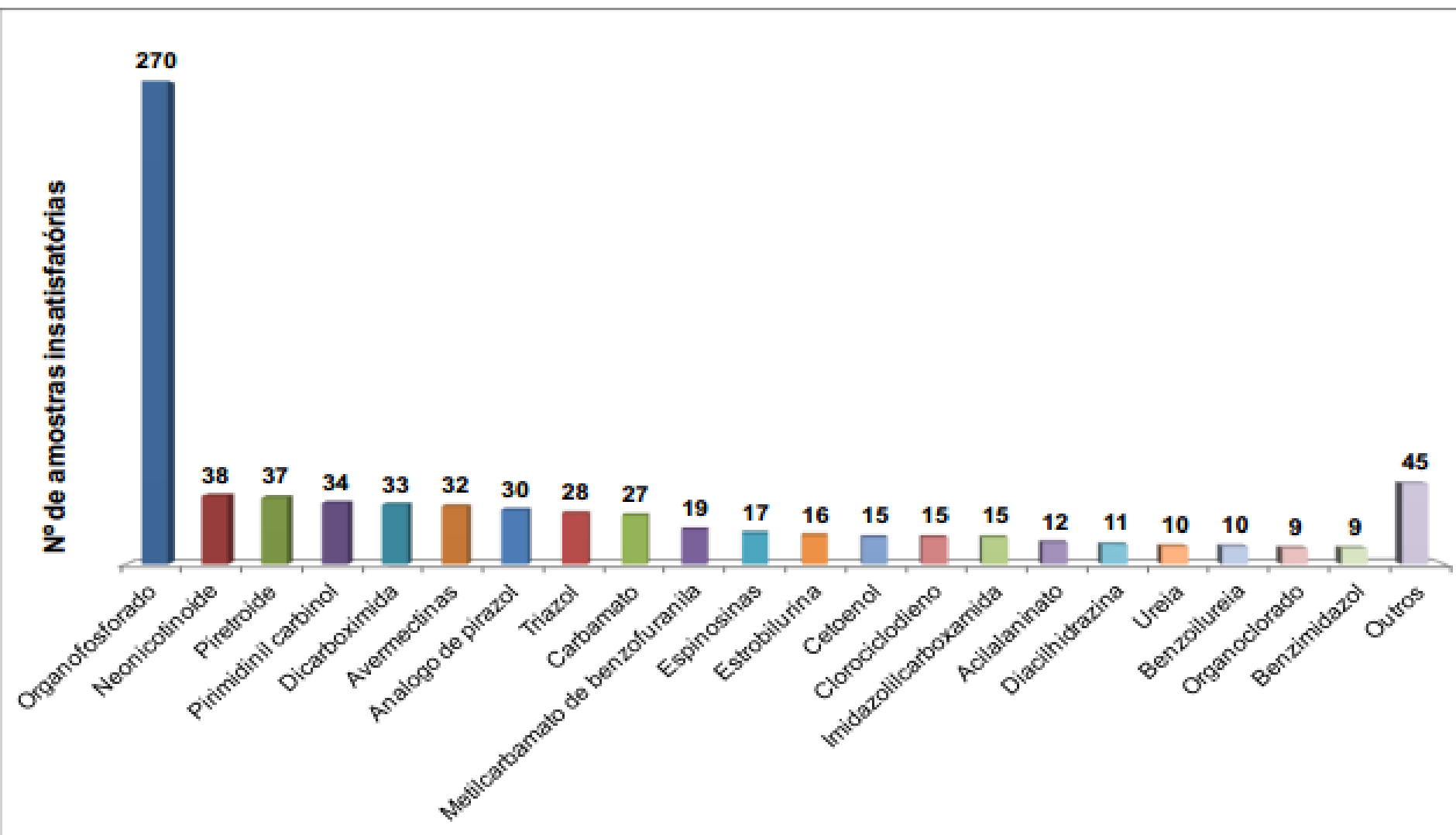


33 %

28 %



Principais grupos químicos com uso irregular detectados nas amostras





Atividades agrícolas desumana - pulverização de
lavouras com o uso de aviões agrícolas.



Agrotóxicos adsorção pela pele, nariz ou boca. Usar EPIs (Equipamentos de Proteção Individuais) adequados, que são no mínimo:



- Máscara com filtro adequado
- Óculos para produtos químicos
- Luvas de plástico, comprida
- Avental de plástico
- Botas de borracha

Armas Químicas - Letais



- ▶ **Gás Mostarda** – 1ª. Guerra Mundial
- ▶ $(\text{Cl} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{S} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{Cl})$
- ▶ Líquido incolor, oleoso, muito pouco solúvel em água.
- ▶ Causa irritação nos olhos e vesículas na pele. Por inalação – asfixia.
- ▶ Mutagênico – desenvolvimento de câncer.

Armas Químicas - Letais

Gás Cloro – usado na 1ª. e 2ª. Guerras Mundiais

- ▶ Irritação no sistema respiratório - crianças.
- ▶ Irrita as mucosas (gás).
- ▶ Queimaduras na pele (líquido).
- ▶ No ar detectado a partir de 3,5 mg/L, sendo mortal a partir de 1.000 ppm.
- ▶ Exposição aguda a altas concentrações de cloro - provoca edema pulmonar ou líquido nos pulmões.
- ▶ Exposição crônica abaixo do nível letal - debilidade dos pulmões.

Armas Químicas - Letais

Gás Cianídrico - HCN – usado na 1ª. Guerra Mundial

- ▶ Odor de amêndoas.
- ▶ Encontrado em mandiocas, caroços de frutas (pessegos, maçãs e cerejas).
- ▶ CN^- - extremamente venenosos - combina com o ferro da hemoglobina, impedindo a recepção do O_2 pelo sangue - matando por sufocamento.

Armas Químicas - Letais

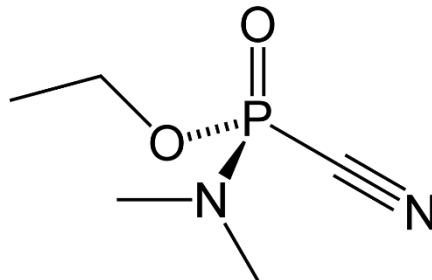
Gás Fosgênio – usado na 1ª. Guerra Mundial

- ▶ Gás tóxico e corrosivo de fórmula COCl_2 .
- ▶ Gás sufocante
- ▶ $\text{COCl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCl} + \text{CO}_2$
- ▶ Usado na fabricação de polímeros de isocianato, agrotóxicos, corantes, entre outros.
- ▶ Usado na indústria como agente de cloração.

Armas Químicas - Letais

Tabun – usado na 2ª. Guerra Mundial

- ▶ Gás: $C_5H_{11}N_2O_2P$.



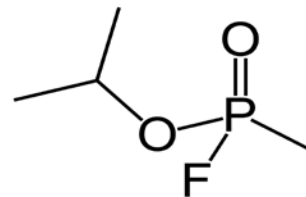
Etheno *N,N*-Dimetilfosforoamidocianidato

- ▶ Efeito: Lacrimejamento; dor nos olhos; visão borrada; salivação e suor excessivo; tosse e pressão no peito; diarreia; aumento de volume de urina; confusão mental; debilidade; cefaleia; náusea, vômito e/ou dores abdominais; alterações de ritmo cardíaco e pressão sanguínea.

Armas Químicas - Letais

Sarin – usado na 2ª. Guerra Mundial – destruição em massa.

► Gás: $[(CH_3)_2CHO]CH_3P(O)F$



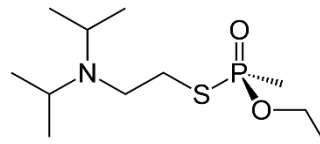
2-(fluoro-metil-fosforil)oxipropano

- Efeito: incolor e inodoro - extrema potência no SNC. 500 vezes mais tóxico que CN^- .
- Potente inibidor da enzima acetilcolinaesterase.
- Inalação pode ser perigosa - penetram na pele. Roupas contaminadas - liberam o gás (30 min) - levam à exposição à outras pessoas.
- Causam: coriza; olhos lacrimejantes; dor nos olhos; visão turva; tosse, aperto no peito; diarreia; náusea, vômito e dor abdominal; aumento da frequência urinária; fraqueza; cefaléia; confusão e sonolência.

Armas Químicas - Letais

VX – usado na 2ª. Guerra Mundial – destruição em massa.

▶ Gás ou Líquido:



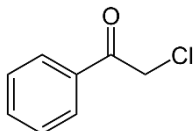
etil S-2-diisopropilaminoetilmetilfosfonotiolato

- ▶ Efeito: incolor e inodoro - extrema potência no SNC. 300 vezes mais tóxico que fosgênio.
- ▶ Mais tóxica que Tabun e Sarin - dissipam rapidamente em curto prazo. Forma líquida do VX - absorvida nos olhos ou na pele da vítima.
- ▶ Fatal – em 1 ou 2 h.
- ▶ Forma gasosa - mais mortífera que a forma líquida, atuando quase imediatamente na vítima

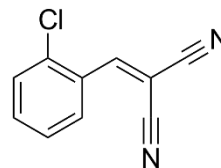
Armas Químicas – Não Letais

Gás lacrimogêneo – controle de motins (guerras) e dispersão de multidões.

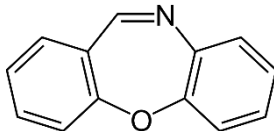
▶ - CN (cloroacetofenona) -



▶ - CS (2-clorobenzilideno malononitrila)



▶ - CR (dibenz-1:4-oxazepina)



▶ Compostos Químicos dispersos por meio de aerossol – baixa toxicidade – considerados não letais.

▶ O CR é um agente 10 vezes mais irritante que o CS.

▶ Efeito: causando intenso quadro de lacrimação, tosse e dificuldades respiratórias.

▶ CS e CN produzem efeitos:

▶ Lacrimejantes em 0,0003 mg.L⁻¹.

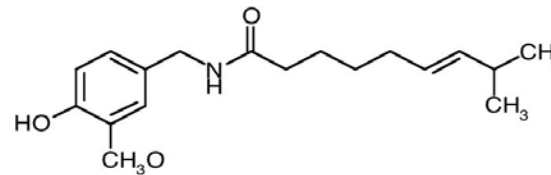
▶ Intoleráveis em 0,0045 mg.L⁻¹.

▶ Letais de 0,85 mg.L⁻¹ (10 min de exposição).

Armas Químicas – Não Letais

Spray de pimenta - princípio ativo - capsaicina.

- ▶ Compostos Químicos dispersos por meio de aerossol – baixa toxicidade – considerados não letais.
- ▶ Grupos funcionais – amida e fenol.
- ▶ Efeito: irritação nos olhos, nariz e boca.



▶ Outras Armas Não Letais –

- ▶ Balas de borracha,
- ▶ Canhão sônico,
- ▶ Bombas de efeito moral,
- ▶ *Flashbang*,
- ▶ Jatos de água

Confirmação da falsificação de Whisky por Espectrometria de Massas

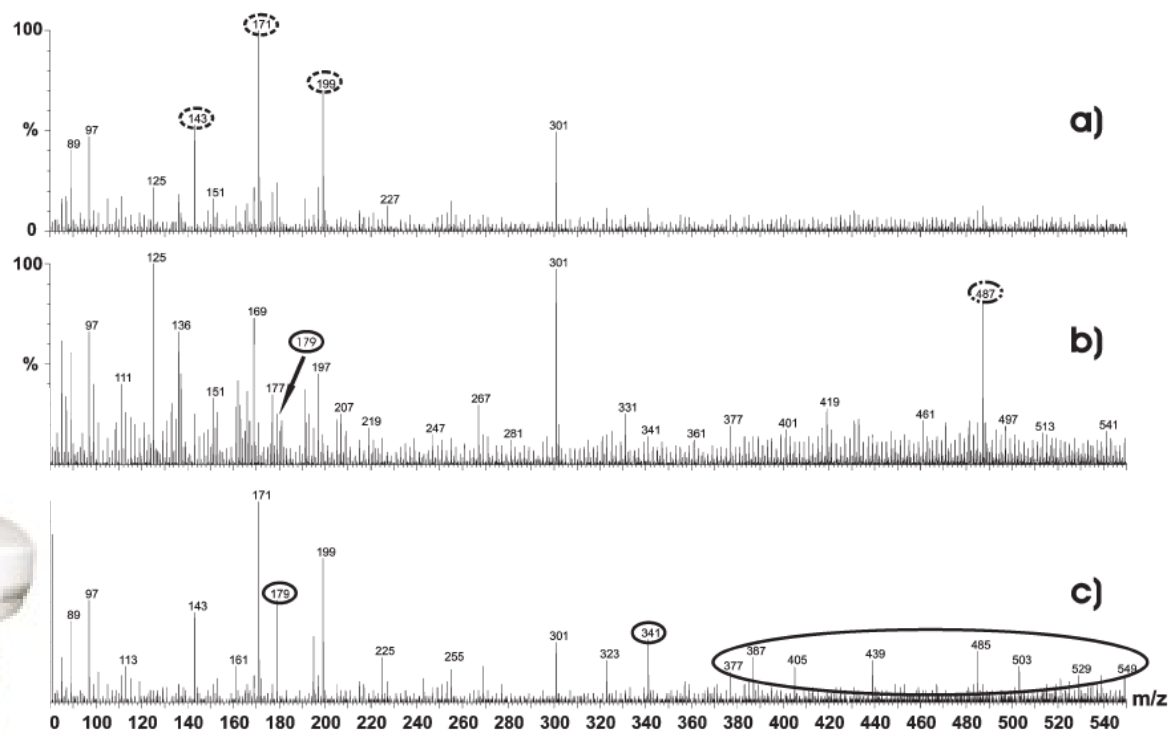
PAPER

www.rsc.org/analyst | The Analyst

Electrospray ionization mass spectrometry fingerprinting of whisky: immediate proof of origin and authenticity

Jens K. S. Møller,^a Rodrigo R. Catharino^b and Marcos N. Eberlin^{*b}

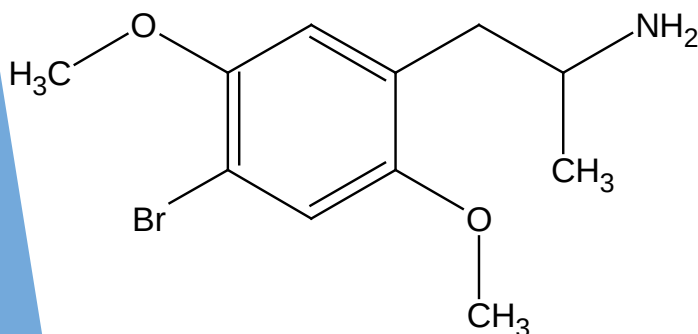
Confirmação da falsificação de Whisky por Espectrometria de Massas



Typical ESI(-)-MS of (a) Scotch, (b) American and (c) counterfeit whisky samples. Major diagnostic anions are highlighted with

Identificação da DOB por espectrometria de massas

2,5-dimetoxi-4-bromoanfetamina
Cápsula do medo ou cápsula do vento



Available online at www.sciencedirect.com



Forensic Science International 173 (2007) 130–136



www.elsevier.com/locate/forensi

Chemical identification of 2,5-dimethoxy-4-bromoamphetamine (DOB)

José Luiz da Costa^{a,b,*}, Alexandre Yautin Wang^c, Gustavo Amadeu Micke^d,
 Adriano Otávio Maldaner^e, Renato Lahos Romano^f, Helio Alves Martins-Júnior^c,
 Osvaldo Negrini Neto^a, Marina Franco Maggi Tavares^b

^a Instrumental Analysis Laboratory, Criminalistic Institute of Sao Paulo, SP, Brazil

^b Institute of Chemistry, University of Sao Paulo, Sao Paulo, SP, Brazil

^c Applied Biosystems do Brasil, Sao Paulo, SP, Brazil

^d Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, Brazil

^e Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, Brazil

^f Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, Brazil

