

# Identificação de Resíduos de Disparos de Armas de Fogo por Espectrometria de Massas com Fonte de Plasma Indutivo

*Identification of Gunshot Residues by Sector Field Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry Technique*

Reis, ELT; Sarkis, JES; Rodrigues, C<sup>1</sup>; Negrini, Neto O; Viebig, S<sup>2</sup>

1 - Edson Luis Tocaia dos Reis, Jorge Eduardo de Souza Sarkis, Cláudio Rodrigues

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN - CNEN/SP

2 - Osvaldo Negrini Neto, Sônia Viebig

Instituto de Criminalística de São Paulo - Centro de Exames, Análises e Pesquisas

## Resumo

*A violência derivada dos crimes envolvendo armas de fogo representa um dos maiores problemas da sociedade atual. Muitas técnicas modernas têm surgido nos últimos anos para identificar suspeitos de crimes. O presente trabalho descreve a técnica de identificação de traços de resíduos de disparos de armas de fogo nas mãos de atiradores voluntários por meio da Espectrometria de Massas com Fonte de Plasma Indutivo, utilizando-se como metodologia de coleta swabs (cotonetes) embebidos em uma solução de EDTA (ácido etilendiaminotetracético) usado como agente complexante. Para se estabelecer padrões de "impressões digitais químicas" associados aos atiradores, foram utilizados gráficos ternários de razões percentuais, que demonstram razões específicas entre as quantidades de antimônio (Sb), bário (Ba) e chumbo (Pb) antes e imediatamente após a realização de disparos de testes, apontando uma notável distinção entre as duas situações. Resultados similares foram obtidos em mãos de atiradores diversos, indicando a existência de uma assinatura química do disparo nas mãos destes.*

**Palavras-chave:** Ciências Forenses, resíduos de disparo, espectrometria de plasma com fonte de plasma indutivo, EDTA.

## INTRODUÇÃO

Uma das maiores preocupações da sociedade refere-se à disseminação da violência, sendo um dos principais fatores desse quadro o uso descontrolado de armas de fogo. A Criminalística e a Medicina Legal dispõem de metodologias para um estudo aprofundado dos efeitos dos tiros e para a identificação de suspeitos em ocorrências criminais. Atualmente, os métodos utilizados nos estudos de tais indícios envolvem diferentes ciências, sendo que, dentre essas, a química desempenha um papel importante, notadamente a química analítica e a físico-química. Um exemplo é a utilização de

reativos químicos para a identificação de traços de resíduos de tiros, os quais, muitas vezes, apresentam uma complexidade na sua composição, dificultando uma análise quantitativa completa. Apesar das técnicas utilizadas atualmente serem consagradas, é necessária uma evolução permanente das metodologias, de modo a se obter de forma mais eficiente, resultados confiáveis sobre os materiais encontrados. Especificamente, em casos que envolvem armas de fogo, onde é fundamental se relacionar o atirador com a arma utilizada e a vítima, as técnicas de balística comumente empregada nos exames físicos de comparação entre projéteis ou en-

**Correspondência para:**  
jesarkis@net.ipen.br  
onegrini@sp.gov.br

11832

tre estojos, não se aplicam diretamente ao suspeito do disparo (1,2).

No momento do tiro, são expelidos além do projétil, diversos resíduos sólidos (provenientes do projétil e da detonação da mistura iniciadora e da pólvora) e produtos gasosos (monóxido e dióxido de carbono, vapor d'água, óxidos de nitrogênio e outros). Parte desses resíduos sólidos permanece dentro do cano e ao redor do tambor e da câmara de percussão da própria arma, porém o restante é projetado para fora, atingindo as mãos, braços, cabelos e roupas do atirador, além de se espalharem pela cena do crime. Deste modo, por meio dos resíduos característicos deixados pelo próprio disparo, é possível estabelecer este vínculo por meio de uma análise química das partículas encontradas. Estas partículas apresentam características peculiares, quer pela sua morfologia, quer pela sua composição química, onde se encontram principalmente os elementos antimônio (Sb), bário (Ba) e chumbo (Pb) (3,4). Estes elementos derivam dos explosivos TNR (trinitroresorcinato de chumbo), sais de bário e sulfeto de antimônio, existentes no "primer", bem como da composição da liga de projéteis não jaquetados (Pb+3-4% Sb).

Diversas técnicas têm sido aplicadas com o objetivo de se identificar estes resíduos de disparo de arma de fogo (RDAF) (5,6). O Instituto de Criminalística de São Paulo, por exemplo, tem consagrado o uso do rodizonato de sódio como reagente colorimétrico para a identificação de chumbo, além do uso do reagente de Griess (ácido parasulfanílico) para a constatação da presença de nitritos (1,7). Apesar destes testes serem práticos e simples, um resultado negativo em um teste colorimétrico não significa que

um disparo não tenha sido efetuado: os nitritos constatados pelo teste de Griess sofrem facilmente oxidação face à ação da umidade, do oxigênio do ar e da temperatura, passando a nitratos ou volatilizando-se como ácido nitroso, prejudicando a sua identificação; por outro lado, o complexo azul-violeta resultante da reação do rodizonato de sódio com chumbo sofre o desvanecimento comum a complexos colorimétricos que implicará na decomposição do complexo azul-violeta em compostos incolores, podendo-se perder resultados positivos. Outros fatores conduzem também a resultados falso-negativos: coleta inadequada, presença de fluidos biológicos no suporte, etc. Testes colorimétricos muitas vezes não possuem sensibilidade para detectar antimônio e bário de forma confiável, principalmente devido a pequena quantidade de resíduos presentes (na ordem de microgramas) nas mãos de um atirador, bem como as suas dimensões (0,1 a 100 microns), o que pode limitar a detecção e identificação das partículas. Deste modo, o uso de métodos instrumentais que apresentem maior sensibilidade tem sido cada vez mais considerado.

Nos últimos anos surgiram diferentes técnicas instrumentais que têm sido utilizadas cada vez mais na área forense, aumentando a sensibilidade e especificidade na detecção desses resíduos. A análise por ativação de nêutrons (NAA), por exemplo, remonta à década de 60, mas o fato de não detectar chumbo e a necessidade de um reator nuclear, bem como a exigência de instalações específicas, limitou o seu uso a poucos laboratórios (2,8,9).

A espectrofotometria de absorção atômica (AAS) tem sido muito utilizada em vários laboratórios forenses desde a década de 70, com um custo

relativamente baixo e com sensibilidade equivalente para bário e antimônio, quando comparado à técnica por NAA. Apesar de ser amplamente utilizada para análises de rotina, a técnica de AAS também apresenta restrições, especialmente pelo fato de ser uma técnica com baixo limite de detecção, além do fato de que a presença de material orgânico nas amostras poderia causar dispersão de luz no feixe de radiação, em razão da sua queima incompleta durante o processo de atomização, principalmente no uso de fornos de grafite (8,10).

A partir de meados da década de 70, as atenções se voltaram à técnica de microscopia eletrônica de varredura (MEV), capaz de analisar morfológicamente as partículas de disparos (11,12) (Figura 1). Esta técnica, acoplada à análise por raios-x por energia dispersiva, tem sido utilizada pelo Instituto de Criminalística de São Paulo (I.C.-SP) como técnica de confirmação de casos duvidosos ao teste do rodizonato de sódio (1), mas em virtude do tempo requerido por amostra, não é utilizado em rotina, dado o tempo de análise requerido (mínimo 4 horas) para se realizar cada amostra. O surgimento da técnica de espectrometria de emissão com fonte de plasma (ICP-OES) ofereceu novas vantagens relacionadas principalmente à possibilidade de análises multi-elementares; o seu uso viabilizou análises de rotina, apesar de não possuir sensibilidade para a detecção de antimônio (geralmente presente nas amostras) em níveis menores (13, 14).

Durante os últimos anos, contudo, a análise por espectrometria de massas com fonte de plasma induzido (ICP-MS) tem se destacado como uma nova ferramenta na Ciência Forense. Comparativamente com as técnicas

analíticas citadas anteriormente, possui maior sensibilidade e capacidade de proceder análises qualitativas e quantitativas multi-elementares, além de fornecer informações isotópicas, permitindo uma análise rápida e eficaz da composição inorgânica em resíduos de disparos (15-19).

Neste trabalho será discutida uma nova metodologia para a recuperação e análise de RDAF. O desenvolvimento de uma técnica para a coleta destes resíduos baseada no uso do ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) como agente complexante, bem como a otimização de métodos analíticos de extração e análises mais sensíveis por meio do uso da espectrometria de massas de alta resolução com fonte de plasma induzido (HRICP-MS), será relatado.

**PARTE EXPERIMENTAL**

**Testes de Tiros**

As amostras foram obtidas por meio de voluntários que se submeteram às sessões de tiros, executadas no “túnel de tiro” do setor de Balística do I.C. – SP, e na Academia de Polícia Militar do Barro Branco, utilizando-se armas de calibre .38 das marcas Taurus e Rossi (provenientes de apreensões da própria polícia), além de cartuchos íntegros de marca CBC (Companhia Brasileira de Cartuchos) 38SPL LRN. O uso de arma de calibre .38 e de cartuchos CBC no projeto partiu de sugestão da polícia técnica, como o tipo de arma de fogo mais apreendida, bem como o tipo de cartucho íntegro mais utilizado (20), respectivamente. Foram efetuados cerca de 30 disparos, sendo que cada atirador efetuou disparos com a mão esquerda e posteriormente com a mão direita. Na escolha dos voluntários, procurou-se por pessoas que não ti-

vessem um contato direto anterior com substâncias que contivessem os elementos preponderantes (Pb, Ca e Sb) em resíduos de disparos, para evitar quaisquer contaminações no material a ser analisado (21). As armas utilizadas foram trocadas a cada sessão de tiros e foram cuidadosamente limpas antes de cada teste de tiro, descartando qualquer possibilidade de contaminação prévia.

**Coleta e Acondicionamento de Resíduos de Disparos**

A coleta foi realizada nas mãos dos atiradores por meio da técnica de esfregaço (22,23), utilizando-se cotonetes embebidos em solução diluída de EDTA a 2%. Aplicou-se a solução complexante (24,25) em quatro regiões distintas da mão, abrangendo a palma, o dorso e a região palmar (Pinça-Palmar) e dorsal (Pinça-Dorsal) dos dedos polegar e indicador (26), conforme figuras 2 a 5.

No momento da coleta, a extremidade de um cotonete (Johnson & Johnson) foi umedecida em uma solução de EDTA (Merck) a 2%, durante aproximadamente 2 minutos, e esfregada separadamente em cada área específica da superfície das mãos de cada atirador, por até 1 minuto. A extremidade do cotonete umedecida e contendo os resíduos de cada região da mão do atirador foi então seccionada por uma tesoura e colocada dentro de um tubo de centrífuga de 15 mL com tampa de polipropileno (Sarstedt, Alemanha). O tubo contendo o material coletado foi devidamente identificado e levado para o laboratório.

**Procedimento Analítico**

Adicionou-se ao material a ser analisado um volume de 2 mL de uma solução a 10% (v/v) de ácido nítrico

suprapuro (HNO<sub>3</sub>; Merck) e submeteu-se durante 5 minutos em banho ultrassônico a 25 kHz (Unique, Modelo TA1800, Brasil), como forma de se favorecer a dissolução do resíduo sólido coletado. Colocou-se o tubo contendo a amostra a um aquecimento de 1 hora a temperatura de 80°C, seguido de uma nova agitação de 5 minutos em banho ultrassônico. As soluções do extrato obtido foram diluídas então a 10 mL com água deionizada Milli-Q e submetidas para análise em um espectrômetro de massas de alta energia com fonte de plasma induzido (Element 1, Finnegan MAT) para a determinação dos elementos Sb, Ba e Pb. Um nebulizador concêntrico Meinhard em conjunto com uma bomba peristáltica foram empregados para a introdução de amostra em uma tocha de quartzo.

**Padrões Analíticos**

Soluções padrão multi-elementares contendo os analitos de interesse em concentrações de 1, 5, 10, 50, 100, 200 e 300 µg L<sup>-1</sup> em meio 1% de ácido nítrico, foram obtidas a partir de diluições de soluções padrão originais SPEX de Ba, Sb e Pb, com concentração certificada de 1000 µg/L<sup>-1</sup>, por meio de uso de micropipetas (Finnpipette-Labsystems). Completou-se o volume das soluções com solução diluída de ácido nítrico suprapuro a 2%. As curvas analíticas referentes a cada analito estudado foram obtidas com um coeficiente de correlação médio de r = 0,999, e construídas em unidade de concentração (µg/L<sup>-1</sup>) de cada analito versus a intensidade (cps).

O limite de detecção para cada elemento em estudo, definido como a menor concentração com que um elemento pode ser detectado com 95% de confiança, e representado por três

vezes o desvio padrão da intensidade das correntes iônicas obtidas na medição das soluções de branco (n=10), foi obtido como 0,045 mg L<sup>-1</sup> para antimônio, 0,507 mg L<sup>-1</sup> para bário e 0,117 mg L<sup>-1</sup>, para medidas em baixa resolução (R=300).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A metodologia de coleta proposta para a recuperação de resíduos de disparos se mostrou de fácil execução, com os resultados apresentados a seguir. O procedimento analítico para a obtenção do extrato para análise também foi otimizado de modo a simplificar ao máximo, trabalhos de rotina no laboratório.

A Tabela 1 mostra os resultados obtidos a partir de amostras coletadas das mãos de voluntários antes e depois de sessões de tiros. Concentrações médias dos elementos, Sb, Ba

e Pb, recuperadas nas mãos dos atiradores em áreas próximas dos dedos indicadores e polegar (regiões palmar e dorsal), sugerem estas áreas específicas como as mais adequadas para se proceder a uma coleta mais provável de resíduos de disparos.

Pode-se observar também que apesar do uso do mesmo tipo de armamento, os teores dos elementos de interesse encontrados em cada voluntário variam de experimento para experimento. Esta variação tem sido considerada normal ao longo do projeto e está associada às características próprias de cada indivíduo (tamanho das mãos, atividades ocupacionais e hábitos higiênicos), assim como o estado de conservação das armas de fogo utilizadas, considerando que muitas delas foram provenientes de apreensões policiais.

A presença destes elementos deve ser interpretada com cautela, já que

influências externas podem atuar decisivamente em uma análise final, especialmente pelo fato dos analitos estudados serem facilmente encontrados em diversas atividades ocupacionais. Estudos anteriores (21) mostraram que atividades relacionadas a reparos e manutenção de automóveis, por exemplo, constituem-se como importantes fontes de contaminação de antimônio, bário e chumbo. Mesmo uma análise adicional das partículas encontradas por MEV-EDX, de forma a se buscar uma caracterização química e morfológica do material coletado, pode também não distinguir satisfatoriamente partículas irregulares presentes, daquelas características de disparos, como foi mostrado na figura 1 (21).

A presença característica de antimônio em conjunto com o aumento da concentração de chumbo resultou em uma significativa diferença na relação Sb:Ba:Pb nas duas situações es-

**Tabela 1** - Resultados obtidos em coletas realizadas nas mãos de atiradores antes e após disparos com armas de calibre .38

	Palma			Dorso			Pinça-Palmar			Pinça-Dorsal		
	Pb	Sb	Ba	Pb	Sb	Ba	Pb	Sb	Ba	Pb	Sb	Ba
<b>Antes-Tiro (µg/L<sup>-1</sup>)</b>												
Máximo	133	1,13	98,1	38,7	1,33	109	119	1,30	146	52,9	1,27	140
Mínimo	3,43	*	2,90	*	*	*	2,76	*	2,22	2,18	*	*
Média	29,8	0,35	24,4	15,2	0,28	23,1	38,8	0,35	25,7	17,3	0,28	26,0
Mediana	21,7	0,10	18,9	12,1	0,06	18,1	29,8	0,11	17,9	13,6	0,04	16,6
Desvio	30,6	0,39	21,4	12,8	0,36	25,7	31,8	0,41	29,1	13,7	0,39	33,5
<b>Depois-Tiro (µg/L<sup>-1</sup>)</b>												
Máximo	1206	66,6	236	731	81,4	482	983	68,5	298	7252	108	371
Mínimo	12,5	1,25	*	1,05	0,72	*	*	4,81	*	*	1,6	*
Média	141	7,71	33,4	99,7	9,92	56,3	257	19,3	74,8	475	22,0	76,8
Mediana	104	6,64	11,1	41,4	3,85	37,7	162	13,8	48,6	123	15,1	66,9
Desvio	148	6,83	55,2	156	16,7	93,1	244	18,4	89,5	1346	24,86	89,2

\* < Limite de Detecção

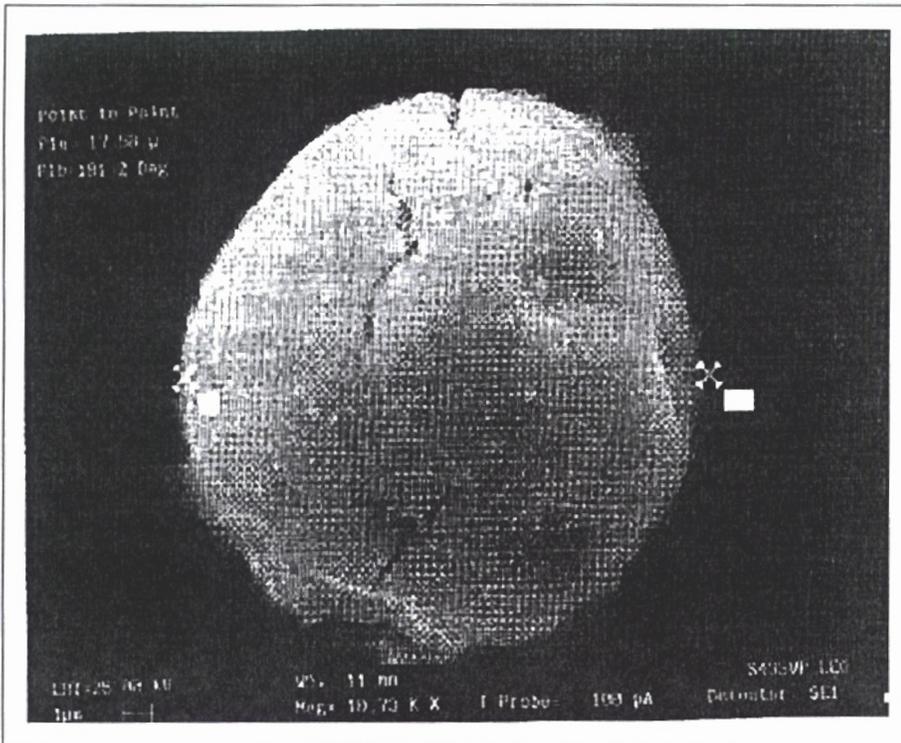
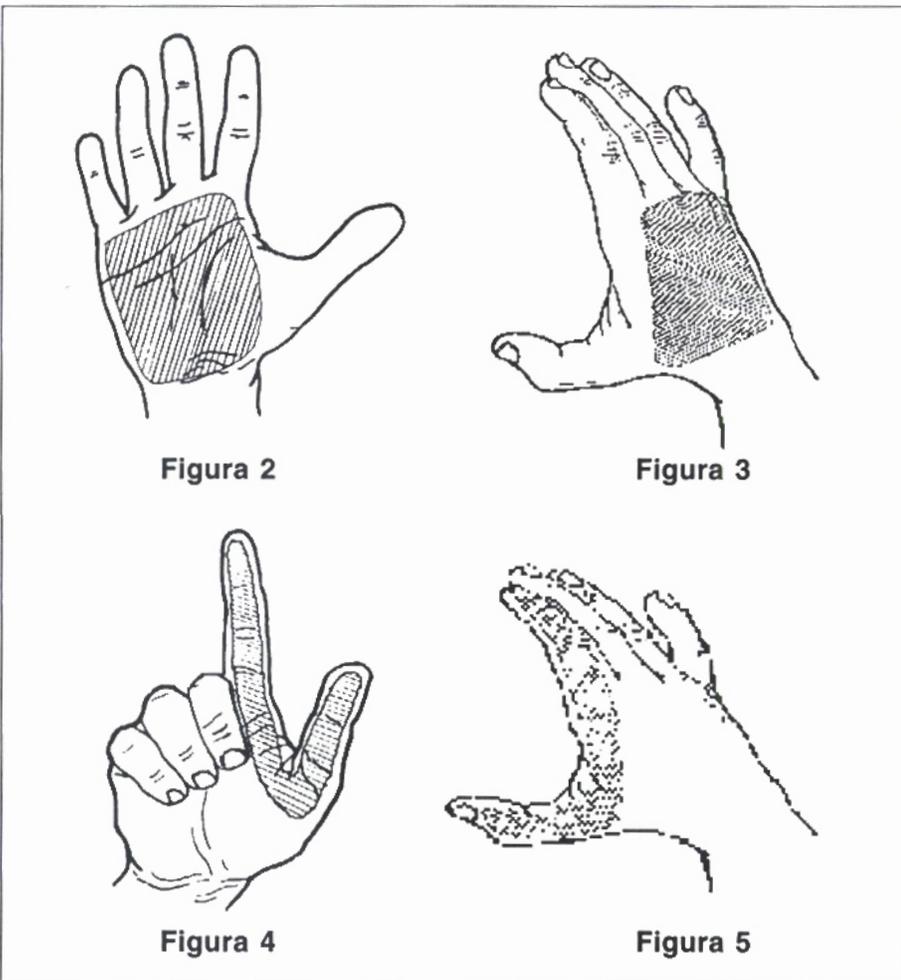


Figura 1 - Partícula de resíduo de disparo - imagem do MEV



Figuras 2 a 5 - Regiões da mão de atiradores submetidas à coleta

tudadas, em praticamente todos os voluntários. A maioria dos voluntários apresentou ainda uma assinatura química similar para praticamente todas as regiões da mão estudadas, com a exceção de algumas poucas razões relacionadas especialmente a coletas realizadas na região dorsal da mão de alguns atiradores. A dispersão observada nesta região específica da mão poderia possivelmente ser explicada pelo fato de ser uma região onde o depósito de resíduos seja menor, acarretando também uma menor recuperação. A comparação entre os dados mostrados na Tabela 2 aponta, portanto, para todas as regiões da mão (com algumas ressalvas para a área dorsal) como locais mais adequados para se proceder à coleta e identificação dos resíduos, conforme o método proposto.

**CONCLUSÕES**

Neste trabalho, o emprego da técnica de HRICP-MS permitiu a análise em níveis de traços e ultratraços dos elementos Pb, Ba e Sb, a partir de um novo método proposto para coletas de resíduos de disparos de armas de calibre .38 nas mãos de atiradores, utilizando-se de uma solução complexante de EDTA 2%. Os resultados apresentados mostraram que é evidente que regiões ao redor dos dedos polegar e indicador constituem-se em regiões mais prováveis para se efetuar uma coleta mais eficiente destes resíduos. Observou-se, sobretudo, que uma simples comparação das quantidades recuperadas dos analitos em alguns voluntários pode não ser decisiva para a confirmação de um tiro, especialmente quando se consideram influências externas. Porém, para a grande maioria dos indivíduos, o estudo mos-

trou uma relação característica, indicando assinaturas químicas distintas nas mãos de atiradores antes e imediatamente depois (até 40 minutos) de disparos com uma arma de calibre .38.

Uma razão peculiar entre os elementos Sb:Ba:Pb constatada em mãos de atiradores após os tiros, foi comprovada pelo aumento significativo na detecção de chumbo e principalmente pelo aparecimento de antimônio (aproximadamente 10 a 26  $\mu\text{gL}^{-1}$ ), diferenciando daquela obtida nas mãos de não atiradores (até 0,17  $\mu\text{gL}^{-1}$ ), e tornando-se uma poderosa ferramenta na confirmação ou não de um suspeito. A diferença observada entre as medidas quantitativas obtidas na análise dos analitos, mostrou ter tido pouca importância na avaliação final. O estudo dos resultados através de gráficos ternários, desenvolvido em nossas pesquisas (27), fornece análises mais abrangentes e conclusivas. A metodologia aqui apresentada, não só para a coleta como para as medidas dos analitos, mostrou decisivamente ser

simples, rápida e eficaz, de forma a atender a intensa demanda da rotina da polícia de São Paulo.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos peritos Nelson Correia Junior, Patrícia Moreira e aos funcionários do Laboratório

de Balística do I.C.-SP, pelas preciosas informações durante os testes de tiros. Os autores também agradecem aos funcionários do IPEN que atuaram como voluntários nos testes de disparos, à Maurício H. Kakazu pelo apoio técnico e à FINEP, PADCT e CAPES pelo apoio financeiro. ■

### Abstract

*The violence derived from crimes involving firearms possibly represents one of the main concerns in the whole society. Modern techniques have been emerged in forensic science to identify suspects in crime scenes. This work describes a Sector Field Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry Technique (HRICP-MS) application for trace analysis in gunshot residues (GSR) by using a collection procedure based on ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) solution as a complexant agent in moistened swabs. In order to establish an interelement association patterns "fingerprint" in shooters, ternary ratio per cent diagrams were applied showing a specific relation among antimony (Sb), barium (Ba) and lead (Pb) detected in hands of volunteers, before and immediately after shot tests, suggesting a remarkably difference in both situations. A peculiar and similar association was observed in hands of different shooters, pointing out this methodology as an indicative of a chemical signature in shooter's hands.*

**Keywords:** Forensic science, gunshot residues, inductively coupled plasma-mass spectrometry.

## Pedido de Assinatura

**Sim**, eu desejo assinar a **Revista de Medicina Legal, Direito Médico e da Saúde**. Eu desejo efetuar minha assinatura por 1 ano e meio e receber 6 edições pelo valor total de R\$ 65,00. Tire uma cópia deste cupom e envie pelo correio.

Nome: \_\_\_\_\_

Empresa: \_\_\_\_\_

Setor: \_\_\_\_\_

Endereço: ( ) com. ( ) res. \_\_\_\_\_

Cidade: \_\_\_\_\_

Estado: \_\_\_\_\_ CEP: \_\_\_\_\_

Fone: ( ) \_\_\_\_\_

FAX: ( ) \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

( ) Enviar boleto bancário

( ) Estou enviando depósito bancário

para conta nº 13061-0, agência 0262,

Banco Itaú, nominal à EDITORA ESKALAB LTDA.

( ) Estou enviando cheque nominal à

EDITORA ESKALAB LTDA.

Av. Paulista, 2.073/ Ed. Horsa I,

conj. 2.315. CEP 01311-940 - São Paulo, SP

Departamento de assinaturas: (11) 3171-2190

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Moreira P. Ensaio residuo gráfico e sua aplicação no campo da criminalística, Núcleo de Química - CEAP - I.C., São Paulo, 1999.
2. Ho I.; Mat H. Analytical methods in forensic chemistry, New York, N.Y.: Ellis Horwood Limited, 1990. p. 40-51, 390-404.
3. Basu, S. Formation of gunshot residues, *J. Forensic Science*, v. 27, n. 1, p.72 - 91 Jan 1982.
4. Meng, H.H.; Caddy B. Gunshot Residue Analysis - A Review, *J. Forensic Science*, v. 42, n. 4, p. 553-570, 1997.
5. Singer, R.L., Davis, D., and Houck, M.M., A Survey of Gunshot Residue Analysis Methods, *J. Forensic Science*, 1996; 41(2): 195-198.
6. DeGaetano, D. and Siegel, J.A., Survey of Gunshot Residue Analysis in Forensic Science Laboratories, *J. Forensic Science*, 1990; 35(5): 1087-1095.
7. Bartsch, M.R., Kobus, H.J., Wainwright, K.P., An update on the use of the sodium rhodizonate test for the detection of lead originating from firearm discharges. *J. Forensic Sci*, 1996; 41(6): 1046-1051.
8. Romolo F.S., Margot P.; Identification of gunshot residue: a critic review, *Forensic Science International*, v. 119, p.195-211, 2001.
9. Krishnan, S.S., Rapid Detection of Firearms Discharge Residues by Atomic Absorption and Neutron Activation Analysis, *J. Forensic Science*, 1971; 16: 144-151
10. Newton, J.T., Rapid Determination of Antimony, Barium, and Lead in Gunshot Residue Via Automated Atomic Absorption Spectrophotometry, *J. Forensic Science*, 1981; 26: 302-312.
11. Germani, Mark "Evaluation of Instrumental Parameters for Automated Scanning Electron Microscopy/Gunshot Residue Particle Analysis", *JFSCA*, 1991; 36(2): 331-342.
12. Tillman, W.L., Automated Gunshot Residue Particle Search and Characterization, *J. Forensic Sci.*, 1987; 32(1): 62-7.
13. Koons, R.D., Havekost, D.G., and Peters, C.A., Determination of Barium in Gunshot Residue Collection Swabs Using Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry, *J. Forensic Sci.*, 1988; 33(1): 35-41.
14. Koons, R.D., Havekost, D.G., and Peters, C.A., Determination of Barium in Gunshot Residue Collection Swabs Using Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry, *J. Forensic Science*, 1998; 33(1): 35-41.
15. Koons, R. D. Analysis of gunshot primer residue collection swabs by inductively coupled plasma - mass spectrometry, *J. Forensic Science*, v. 43, n. 4, p.748 - 754, Jul 1998.
16. Date, A.R., Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry, *Spectrochim. Acta Rev.*, 1991, 14(1/2): 3-32.
17. Moens, L., Jakubowski, N., Double-Focusing Mass Spectrometers in ICP-MS, *Analytical Chemistry News & Features*, 1998; 251-256.
18. Koons, R. D., Analysis Of Gunshot Primer Residue Collection Swabs by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry, *J. Forensic Sci.*, 1998; 43(4): 748 - 754.
19. Feldmann, I., Tittes, W., Jakubowsky, N., Stuewer, D., Performance Characteristic of Inductively Coupled Plasma mass spectrometry With High Mass Resolution, *J. Anal. Atomic Spec.*, 1994; 9: 1007-1014.
20. Zeichner, A., Levin, N., and Springer, E., Gunshot Residue Particles Formed by Using Different Types of Ammunition in the Same Firearm, *J. Forensic Sci.*, 1991; 36(4): 1020-1026.
21. Garofano L., Capra M., Ferrari F., Brave G.P., Di Tullio D., Dell'Olio M., Ghitti A., Gunshot Residue-Further Studies of Environmental and Occupational Origin, *Forensic Science International*, 1999; 103(1): 1 - 21.
22. Zeichner, A., and Levin, N., Casework Experience of GSR Detection in Israel, on Samples from Hands, Hair, and Clothing Using an Autosearch SEM/EDX System, *J. Forensic Sci.*, 1995; 40(6): 1082-1085.
23. Zeichner, A., Levin, N., Collection Efficiency of Gunshot (GSR) Particles from Hair and Hands Using Double-Side Adhesive Tape, *J. Forensic Sci.*, 1993; 38(3): 571-584.
24. Pribil, R., *Applied Complexometry*, Pergamon Press, England, 1982; 3-15
25. Welcher, F.J., *The Analytical Uses of EthyleneDiamine Tetraacetic Acid*, D. Van Nostrand Company, New Jersey, 1958; 1-17.
26. Koons, R.D., Havekost, D.G., Peters, C.A., Analysis of Gunshot Primer Residue Collection Swabs Using Flameless Atomic Absorption Spectrophotometry: A Reexamination of Extraction and Instrument Procedures, *J. Forensic Science*, 1987; 32(4): 846-865.
27. Reis, E.L.T.; Sarkis, J.E.S.; Neto, O.N.; Rodrigues, C.; Kakazu, M.H.; Viebig, S.; A New Method for Collection and Identification of Gunshot Residues from the Hands of Shooters, *J. Forensic Science*, 2003; 48(6): 1269-1274.