

## DETECÇÃO DE RESÍDUOS METÁLICOS DE ARMAS DE FOGO APÓS DISPARO

### DETECTION OF GUNSHOT METAL RESIDUE AFTER SHOOTING

ISOLINA CHIARA DAMASCENO PESSOA BORGES<sup>1</sup>

FABIO BRANCO GODINHO DE CASTRO<sup>2</sup>

RICARDO WAGNER<sup>3</sup>

**RESUMO:** Dentro do tema violência, cada vez mais frequente hoje em dia, o uso de armas de fogo envolve inúmeros crimes que ficam impunes por falta de provas conclusivas. Este trabalho apresenta métodos que podem facilitar na pesquisa residual metálica proveniente destas armas, comparando as vantagens e desvantagens das técnicas.

Palavras chaves: Armas de fogo, métodos, resíduos metálicos.

**ABSTRACT:** Violence is a frequent topic in every day and the use of gunshot involving numerous crimes that go unpunished due to the absence of conclusive proofs. This study provides methods that could improve the search of metal residues proceeding from gunshot and to compare the advantages and disadvantages of these methods.

Keywords: Gunshot, methods, metal residues

## 1. INTRODUÇÃO

A violência é um fenômeno complexo e atualmente é considerado um importante problema social a nível mundial. Neste contexto as armas de fogo possuem papel significativo, por favorecerem a magnitude da mesma <sup>(1)</sup>.

Armas de fogo são instrumentos de dimensões e formas variadas destinados a lançar violentamente projéteis, aproveitando a força expansiva dos gases que se desprendem ao inflamarem, de forma instantânea, substâncias explosivas num espaço confinado <sup>(2,3,4)</sup>. Quando disparadas, produzem vestígios que são expelidos com o 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, dentre outros). Parte desses resíduos sólidos permanece dentro do cano, ao redor do tambor e da câmara de percussão da arma, a outra parte é projetada para fora, atingindo mãos, braços, cabelos,

roupas, além de se espalharem pela cena do crime. Através dos resíduos característicos deixados pelo disparo, é possível estabelecer este vínculo através de análise química das partículas encontradas <sup>(5)</sup>.

A expansão gasosa ocorre pela região anterior do cano da arma, orientada para frente; contudo, parte do fluxo de massa gasosa é expelido pela região posterior da arma <sup>(6)</sup>. Este fluxo contém os gases provenientes da combustão ( $\text{CO}_2$  e  $\text{SO}_2$ ), assim como vários compostos inorgânicos, como nitrito, nitrato, cátions de metais como chumbo (Pb), antimônio (Sb), antimônio (Sb) e, particulados metálicos oriundos do atrito e da subsequente fragmentação dos projéteis metálicos disparados. Quando o fluxo gasoso emitido pela região posterior da arma atinge a superfície da mão do atirador, as partículas sólidas aderem na superfície da pele. Um teste geralmente utilizado para a detecção de vestígios de disparo de arma de fogo nas mãos de um possível suspeito consiste na pesquisa de íons ou fragmentos metálicos de Pb, em decorrência da maior quantidade desta espécie metálica em relação a outras <sup>(6)</sup>.

Os métodos de detecção de partículas residuais de tiro evoluíram, antes se procurava compostos nitrogenados da pólvora e, hoje se detecta chumbo (Pb), bário (Ba), antimônio (Sb) e combinações derivadas da carga iniciadora. Para detectar Pb e Ba usa-se o rodizonato de sódio, mas esse método não é preciso, sendo incapaz de diferenciar a origem residual do tiro; se foi ocupacional ou ambiental. Tal método não apresenta sensibilidade, pois não detecta Sb e Ba, de forma confiável, quando em pequena quantidade. Outros métodos analíticos também visam detectar a presença desses três elementos, mas os melhores resultados são obtidos pela microscopia eletrônica de varredura acoplada a um espectrômetro por dispersão de energia <sup>(7,8)</sup>.

Os principais métodos para a detecção de RDAF são: testes químicos, análise por ativação de nêutrons (NAA), espectroscopia de absorção atômica (AAS), espectrometria de emissão com fonte de plasma (ICP-OES), espectrometria de massas com fonte de plasma induzido (ICP-MS), espectroscopia de emissão em plasma Induzido por laser (LIBS) e microscopia eletrônica de varredura com análise por energia dispersiva (MEV-AED). A escolha entre estes métodos depende do propósito da análise, da avaliação e custo dos equipamentos necessários <sup>(9)</sup>.

A evidência de resíduos de armas de fogo (RDAF) é comumente utilizada como fonte de informação em investigações de crimes violentos. O conhecimento dos RDAF fornece evidência significativa no auxílio das investigações destes <sup>(10)</sup>.

Neste trabalho são focalizadas as técnicas mais utilizadas na pesquisa de RDAF, mostrando suas principais vantagens e desvantagens: NAA, AAS, ICP-OES, ICP-MS, LIBS e MEV-AED. A escolha entre esses métodos depende do propósito da análise e da avaliação e custo do equipamento necessário.

## **2. Métodos de pesquisa de Resíduos de armas de Fogo (RDAF):**

### **2.1 Método Analítico**

#### **Teste Químico com Rodizonato de Sódio**

O Pb encontrado nos RDAF pode ser oriundo do agente detonador da espoleta ; da carga de espoletamento , também pode ser resultado do atrito dos projéteis com as paredes internas dos canos das armas. O Pb pode ser analisado quimicamente através de uma coleta prévia de amostra das mãos do suspeito, aplicando sobre as mesmas uma fita adesiva que deverá ser imobilizada em superfície de papel de filtro. Essas tiras borrifadas com solução acidificada de rodizonato de sódio apresentam um espalhamento de exame, o que é conhecido como resíduo gráfico ou teste colorimétrico com rodizonato de sódio. Nessa reação química há a complexação dos íons Pb pelos íons rodizonato. Resultando em uma coloração avermelhada intensa, diferente da solução inicial de rodizonato de sódio, antes amarelada <sup>(6)</sup>.

A maioria dos centros forenses brasileiros usa a metodologia deste teste que tem como principais limitações: a baixa sensibilidade, possibilidade de interferências presentes nas análises químicas por via úmida, podendo causar resultados falsos positivos ou falsos negativos, além da limitação de somente analisar Pb e/ ou Ba <sup>(12)</sup>.

O exame resíduo gráfico não serve como prova em juízo, nem como indício seguro para o perito criminal, portanto não pode ser conclusivo em laudos; um resultado positivo não indica a participação do crime, pois a presença de Pb pode ser devido a fatores ocupacionais, por exemplo. Por outro lado, o resultado negativo não exclui a participação do crime, visto que as partículas podem ter sido removidas propositalmente ou devido o tempo decorrido entre a ocorrência do crime e a coleta para a realização do exame <sup>(13)</sup>.

### **2.2 Métodos Espectroscópicos**

Estes métodos baseiam-se na absorção e/ou emissão de radiação eletromagnética de moléculas, quando os seus elétrons se movimentam entre os níveis energéticos <sup>(14)</sup>.

### **2.2.1 Análise por Ativação de Nêutrons (NAA)**

Consiste no bombardeamento de um dado material seguido da medida da radioatividade induzida. Em geral, a irradiação é feita com nêutrons térmicos e a radioatividade resultante é medida usando-se a espectrometria dos raios gama emitidos por cada radioisótopo. Como cada isótopo produzido no processo de ativação possui características de emissão próprias é possível efetuar determinações quantitativas da concentração por comparação com padrões <sup>(15)</sup>. Esta técnica permite a obtenção de um perfil dos elementos em baixas concentrações, presentes na amostra original, bem como separá-los de interferentes <sup>(16)</sup>.

Aliada à espectrometria de alta resolução, apresenta uma extraordinária vantagem sobre qualquer outro método por dispensar tratamento químico preliminar e utilizar-se de pequenas quantidades de material para análise. Por ser uma técnica não destrutiva, pode ser repetida <sup>(17)</sup>.

Uma das desvantagens desta técnica é que não detecta Pb, bem como necessita de um reator nuclear, exigindo instalações específicas, o que torna o custo analítico elevado, limitando o seu uso a poucos laboratórios <sup>(5)</sup>.

### **2.2.2 Espectrofotometria de absorção atômica (AAS)**

Utiliza o princípio de que átomos livres (estado gasoso) gerados em um atomizador são capazes de absorver radiação de frequência específica, emitida por uma fonte espectral. Cada espécie atômica possui um espectro de absorção formado por uma série de estreitas raias devidas à transições eletrônicas envolvendo os elétrons externos. Grande parte dessas transições corresponde a comprimentos de onda nas regiões ultravioleta e visível. Uma espécie atômica, neutra e no estado fundamental é capaz de absorver radiações de comprimentos de onda iguais aos das radiações que ela, excitada, é capaz de emitir <sup>(18,19)</sup>.

A sensibilidade para Ba e Sb é equivalente à encontrada por NAA <sup>(5,16)</sup>. O equipamento relativamente barato quando comparado com o requerido para análise por NAA e, o tempo de análise é relativamente curto <sup>(16)</sup>.

A presença de material orgânico nas amostras pode causar dispersão de luz no feixe de radiação, devido à sua queima incompleta no processo de atomização, principalmente no uso de fornos de grafite <sup>(5)</sup>.

Os métodos analíticos por AAS substituíram os métodos por NAA para a análise rotineira de resíduos de disparos. Contudo, uma das principais restrições para a determinação de metais em RDAF por essa técnica (e por NAA) é que apenas a quantidade total dos elementos é determinada. Não existe indicação se eles estão presentes na forma de metais ou combinados. Muitas vezes, dependendo do tipo da amostra analisada, os resíduos de metais encontrados não são consistentes àqueles característicos como provenientes de um disparo, daí a necessidade de outras Informações para certificar-se de que os resíduos encontrados são definitivamente àqueles do disparo <sup>(5, 10, 16,19)</sup>.

### **2.2.3 Espectrometria de emissão com fonte de plasma (ICP-OES)**

Plasma é uma mistura gasosa condutora de eletricidade, com concentração significativa de cátions e elétrons. No plasma de argônio (Ar), o mais usado para análises por emissão, os íons argônio e elétrons são as principais espécies condutoras, embora os cátions da amostra também estejam em menor quantidade. Estes íons quando formados, absorvem energia para manter a temperatura em um nível no qual ionizações adicionais sustentam o plasma. Esta técnica mede a radiação na faixa espectral emitida por átomos excitados em um plasma de argônio gerado por aquecimento induzido com um campo eletromagnético de alta frequência <sup>(20)</sup>.

Uma fonte típica de plasma indutivamente acoplado é composta de três tubos de quartzo concêntricos por onde passam fluxos de gás argônio. A ionização do fluxo deste gás é iniciada por uma centelha proveniente de uma bobina. Os íons resultantes e seus elétrons interagem com o campo magnético produzido pela bobina de indução. Essa interação faz com que os íons e elétrons dentro da bobina fluam nos caminhos anulares fechados, o aquecimento ôhmico é consequência da resistência ao movimento dos íons e elétrons <sup>(21)</sup>. A temperatura do plasma formado nesse caminho é alta, permitindo o isolamento térmico do cilindro de quartzo mais externo. O isolamento é feito por um fluxo de argônio tangencial em torno das paredes do tubo <sup>(18)</sup>.

Permite análise multielementar simultânea, rapidez, ampla faixa dinâmica linear, sensibilidade e precisões altas. O plasma é uma fonte de alta temperatura que minimiza efeitos

de matriz e produz uma sensibilidade adequada para maioria dos metais em diferentes faixas de concentração, esta técnica de análise tem a capacidade de produzir resultados rápidos e úteis. Não possui sensibilidade para a detecção de Sb (geralmente presente em RDAF) em níveis mais baixos <sup>(5,22)</sup>. As interferências espectrais dos elementos da matriz, das espécies moleculares ou do gás argônio, podem ser minimizadas utilizando espectrômetros de alta resolução <sup>(20)</sup>. O custo elevado do equipamento bem com o alto consumo de argônio são impeditivos para o seu uso em laboratórios regulares <sup>(23)</sup>.

#### **2.2.4 Espectrometria de massas com fonte de plasma induzido (ICP-MS)**

Nova ferramenta de destaque na ciência forense. Comparada com as técnicas analíticas anteriormente citadas, apresenta maior sensibilidade e capacidade de proceder a análises qualitativas e quantitativas multi elementares, fornece informações isotópicas, favorecendo uma análise rápida e eficaz da composição inorgânica em RDAF.

O uso desta técnica na identificação de disparos de armas foi descrito, por Koons. O método utilizado pelo autor consiste em obter o testemunho dos RDAF por meio de esfregaços com swabs na área investigada e posterior tratamento do material coletado com solução a 10% (v/v) de ácido nítrico seguido de aquecimento. O método apresenta resultados compatíveis com outras técnicas analíticas convencionais, mas possui a desvantagem de recuperar apenas partículas mais expostas dos resíduos presentes nos testemunhos. Reis e colaboradores (2003) desenvolveram uma nova metodologia para a recuperação e análise de RDAF baseada no uso de swabs embebidos em EDTA como agente complexante, e a determinação por meio da técnica de espectrometria de massas de setor magnético com fonte de plasma indutivo <sup>(5)</sup>. Nesta técnica há uma junção de uma fonte de íon plasma em alta temperatura e pressão atmosférica com um espectrômetro de massa como um detector sensível <sup>(20)</sup>. Uma ampla faixa de elementos em níveis de concentração que variam de altos teores até traços e ultra-traços (0,1 a 0,01 ppb) pode ser detectada <sup>(16)</sup>.

Possui alta sensibilidade e possibilidade de análise multielementar, pelas medidas de isótopos e análises por diluição isotópica para amostras onde se requeira alta precisão e exatidão. Permite análises em curto espaço de tempo, podendo apresentar um rendimento alto de amostras (>100amostras/dia) <sup>(16, 20,24)</sup>.

A existência de interferências isobáricas numa faixa de massa baixa (<80 uma), o alto custo do instrumento e do funcionamento (principalmente pelo grande consumo de gás argônio puro) são suas principais limitações <sup>(20)</sup>.

Há necessidade de alto vácuo para evitar colisões entre os íons e as moléculas do gás residual, que resultam em desvios da trajetória dos íons <sup>(25)</sup>.

### **2.2.5 Espectroscopia de Emissão em Plasma Induzido por Laser (LIBS)**

Utiliza o pulso do laser focalizado em um pequeno lugar da superfície da amostra. O alto fluxo (energia *per area*) produz vaporização de uma diminuta quantidade da amostra constituinte, a formação do plasma de alta temperatura atomiza e/ou ioniza a maioria dos elementos químicos presentes na amostra, que são excitados a níveis energéticos eletrônicos mais altos. Após uma potente e intensa iluminação, a luz emitida gerada na excitação dos átomos e íons é medida a longitudes de onda específicas. A radiação emitida é coletada por uma lente de fibra óptica, dispersada e medida com um detector <sup>(26)</sup>.

Devido à necessidade de um rápido e sensível método de baixo custo, tem sido grande o interesse em métodos alternativos capazes de fornecer simultaneamente análises de elementos de alta especificidade para RDAF. Ferramenta atrativa para varredura de análises que podem ser usadas para determinar se uma pessoa disparou ou não uma arma de fogo. Em relação aos métodos tradicionais de análise elementar possui rápida medição, suficiente detecção e a possibilidade de não destruir simultaneamente os multi-elementos analisados <sup>(26)</sup>.

Necessita de pouca ou nenhuma preparação da amostra, analisa e identifica materiais químicos e biológicos em sólidos, líquidos e gases. Gera resultados em tempo real e faz análise *in situ*. De baixo custo frente a outras técnicas mais difundidas. A principal desvantagem é o alto limite de detecção para alguns elementos, da ordem de 500 ppm, no entanto para alguns pode chegar à 1ppm <sup>(27)</sup>. Outras desvantagens: altos limites de detecção em torno de ppm (enquanto outras técnicas, como o ICP-OES, apresentam limites de detecção da ordem de ppb, baixa reprodutibilidade principalmente quando se trata de amostras não-homogêneas e líquidas e dificuldade de encontrar padrões adequados <sup>(28)</sup>.

### **2.2.6 Microscopia eletrônica de varredura (MEV-EDS)**

O princípio de funcionamento do MEV consiste na emissão de feixes de elétrons por um filamento capilar de tungstênio (eletrodo negativo), mediante a aplicação de uma

diferença de potencial que pode variar de 0,5 a 30 KV. Essa voltagem provoca o aquecimento do filamento e emissão dos elétrons. A parte positiva em relação ao filamento do microscópio (eletrodo positivo) atrai fortemente os elétrons gerados, resultando numa aceleração em direção a este eletrodo <sup>(12)</sup>.

A utilização do microscópio eletrônico de varredura (MEV) para as análises de resíduos é essencial e necessária. È a única técnica possível quando há somente uma única partícula de resíduo a ser encontrada. Considerando que a MEV não é uma técnica destrutiva, a amostra pode ser reanalisada nos casos em que ainda pairam questionamentos sobre os resultados <sup>(29)</sup>.

O MEV pode detectar a presença de Pb, Ba e Sb em uma única partícula. Também detecta abaixo de uma única partícula de RDAF na escala de micron, em uma amostra inteira, cuja sensibilidade analítica é no nível de picograma. A MEV é a técnica preferida do ponto de vista da especificidade e positividade na identificação do rastro de RDAF <sup>(7)</sup>.

Associado ao alto custo da compra e da manutenção, estes equipamentos são muito sensíveis às vibrações e campos magnéticos externos e requerem profissionais habilitados para operá-los. As amostras devem ser consideradas em um vácuo, porque as moléculas que compõem o ar espalham os elétrons <sup>(30)</sup>.

O sistema EDS (Energy Dispersive System) pode ser acoplado ao MEV o que possibilita a determinação da composição qualitativa e semi-quantitativa das amostras, a partir da emissão de raios X característicos. O limite de detecção é de 1%, mas pode variar conforme as especificações utilizadas na análise, como por exemplo, o tempo de contagem <sup>(31)</sup>.

Para a técnica de MEV/EDS o resultado positivo se faz presente na detecção de partículas compostas simultaneamente por Sb, Ba e Pb. As mesmas devem apresentar características específicas (morfologia esférica, brilhantes, diâmetro de 1 a 10nm) <sup>(12)</sup>.

O alinhamento do percurso do feixe é realizado pelas lentes condensadoras em direção à objetiva, que ajusta o foco do feixe de elétrons antes deste atingir a amostra que terá sua imagem ampliada. Todo esse sistema encontra-se em alto vácuo (na ordem de  $10^{-7}$  mBar). Ao incidir na superfície da amostra o feixe de elétrons produz interações que resultam em três fontes básicas de emissão: os elétrons secundários, os elétrons retroespalhados e os raios-X característicos, o que acaba resultando em tipos também diferentes de imagens produzidas <sup>(12)</sup>.

As imagens de elétrons secundários provêm de interações inelásticas entre os elétrons e a amostra, já as imagens de elétrons retroespalhados se originam de interações elásticas entre elétrons e amostra. Para cada tipo de imagem formada existe um tipo de detector: 1) Os detectores de elétrons secundários (ES) fornecem imagem de topografia da superfície das partículas e são os responsáveis pela obtenção das imagens de alta resolução; 2) Os detectores de elétrons retroespalhados (BSE) permitem a análise de variação de composição ou contraste; 3) Os detectores EDS ou EDX – energia dispersiva de Raios X: os elétrons provenientes do canhão do microscópio incidem sobre o átomo da amostra, retirando elétrons de camadas mais internas da eletrosfera. Os elétrons mais externos passam então a ocupar a lacuna deixada. Esta transição emite radiação com comprimento de onda na faixa dos raios-X característico de cada elemento químico. Assim, os espectros de emissão de raios-X são como uma impressão digital de um elemento químico. Um espectro de EDS pode determinar a composição dos elementos químicos de uma amostra <sup>(12)</sup>.

### 3. Considerações Finais

Este trabalho analisa os diferentes métodos de detecção de RDAF após disparo, comparando as vantagens e desvantagens desses. À luz das técnicas citadas, não há uma que seja perfeita para a realização de análises mais complexas dos resíduos, pois todas apresentam vantagens e desvantagens. O ideal é usá-las em conjunto explorando suas vantagens. A LIBS surge como uma alternativa considerável, uma vez que quando comparada com as demais ela apresenta fatores preponderantes como sensibilidade e custo menos elevado.

### REFERÊNCIAS

1. Peres MFT. Violência por armas de fogo no Brasil - Relatório Nacional. São Paulo: Núcleo de Estudos da Violência, Universidade de São Paulo, 2004.
2. Armas de Fuego y Violencia 8 abril 2003. Disponível em: URL: <[http:// www.iansa.org/regions/camerica/resumen\\_ejecutivo.doc](http://www.iansa.org/regions/camerica/resumen_ejecutivo.doc) >.Acessado em: 13 mai 2010.
3. Las armas, un factor que multiplica la violencia.Disponível em :URL: <<http://www.diariocolatino.com/es/20100527/nacionales/80392/> >.Acessado em:18 mar 2010.

4. Mendes IFPA. Lesões por Armas de Fogo: aspectos terapêuticos e médico – legais. [Dissertação de Mestrado]. Covilhã (Portugal), Faculdade Ciências da Saúde, Universidade da Beira Interior, 2008.
5. Reis ELT, Sarkis JES, Rodrigues C, Neto ON, Viebig S. Identificação de resíduos de disparos de armas de fogo por meio da técnica de espectrometria de massas de alta resolução com fonte de plasma indutivo. *Quim Nova* 2004; 27(3): 409-413.
6. Oliveira MF. Química Forense. *Quim Nova na Escola* 2006; 24: 17-19.
7. Revista Perícia Federal Especial Balística Forense número 22 – setembro/dezembro 2005. Disponível em: URL: <<http://www.apcf.com.br/Portals/0/Revista%20Perícia%20Federal/22.pdf>>. Acessado em fev 2010.
8. Chemello E. Ciência Forense: balística. *Quim Virtual* 2007; 1-10.
9. Jakubeniene M, Sitiene R, Vaitkevicius E. Investigation of Gunshot Residues in Bullet Injuries by Atomic Spectroscopy . *Medicina Legalis Baltica* 2002; 13.
10. Schwoeble AJ, Exline D.L . *Current Methods in Forensic Gunshot Residue Analysis*. USA: CRC Press, 2000.
11. Medrano AR. Desarrollo, validación de un método analítico para la determinación de residuos metálicos de disparo de arma de fuego mediante ICP-OESy su aplicación en la química forense. [Tesis]. San Nicolás de los Garza, N.L.(Mex): Maestría en Ciencias con Especialidad en Química Biomédica, Universidad Autónoma de Nuevo León; 2004. Disponível em: <[http://cd.dgb.uanl.mx/b\\_basica.php](http://cd.dgb.uanl.mx/b_basica.php)>. Acessado em: 28 mai 2010.

12. Santos J, Dantas C. Aplicação do MEV na Perícia do Estado da Bahia. Prova Material 2008; 11:12-14.

13. Campos AA. Ensaio Residuográfico Utilizados na Identificação do Autor de Disparo de Arma de Fogo [Monografia]. Brasília (DF): Curso Superior de Polícia Civil; 1998 . Disponível em: URL:

<[http://www.segurancacidade.org.br/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&gid=1298](http://www.segurancacidade.org.br/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=1298)>. Acessado em: 12 mar 2010.

14. Seca AML. Espectrofotometria. Disponível em: URL:

<[http://www.uac.pt/~anaseca/pdf\\_bioquimica/introd\\_espectrof.pdf](http://www.uac.pt/~anaseca/pdf_bioquimica/introd_espectrof.pdf)>. Acessado em: 12 mai 2010.

15. Mesquita CH. Análise por ativação Neutrônica 2004. Disponível em : URL:

<<http://www.fcf.usp.br/Ensino/Graduacao/Disciplinas/LinkAula/My-Files/AAN.htm>> . Acessado em 18 abr 2010.

16. Melo AJG. Estudo da Impressão Digital Química (Chemical Fingerprint), através da Identificação de Resíduos de Disparo de Armas de Fogo por Espectrometria de Massa de Dupla Focalização com Fonte de Plasma Induzido (ICP – MS ). 31/01/2010. Disponível em : URL: <<http://www.peritocriminal.com.br/chemical.htm>> . Acessado em 17 mar 2010.

17. Zagatto E. FAN2- Seminario1.rtf – USP – Universidade de São Paulo. Disponível em: URL: <<http://web.cena.usp.br/apostilas/Zagatto/FAN2-Seminario1.rtf>> . Acessado em 15 abr 2010.

18. Beaty RD, Kerber JD. Concepts, Instrumentation and Techniques in Atomic Absorption Spectrophotometry. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Perkin-Elmer, 1993.

19. Borges DLG, Curtius AJ, Welz B, Heitmann U. Fundamentos da Espectrometria de Absorção Atômica de Alta Resolução com Fonte Contínua. Disponível em: URL:

<[http://www.revistaanalytica.com.br/ed\\_antteriores/18/art02.pdf](http://www.revistaanalytica.com.br/ed_antteriores/18/art02.pdf)>. Acessado em 02 mai 2010.

20. Sardinha A, Alves F, Rubem R, Nunes T. Métodos analíticos para minerais -. Qualidade dos métodos analíticos. Disponível em: URL: <<http://www.fcf.usp.br/Ensino/Graduacao/.../Seminário%20G9N.pdf>> . Acessado em 20 mai 2010.

21. Minganti V, Capelli R, Pellegrini R. Evaluation of different derivatization methods for the multi-element detection of Hg, Pb and Sn compounds by gas chromatography-microwave induced plasma-atomic emission spectrometry in environmental samples. Fresenius' Journal of Analytical Chemistry 1995: 351(4-5), 471-477.

22. Harper K e Oliveira AP. Determinação de Elementos-Traço em Solos e Lodos de Esgoto por ICP-OES. Analytica 2006; 23: 53-59.

23. Riella HG. Curso de Perícia e Auditoria Ambiental - EQA/UFSC .Disponível em: URL: <[HTTP:// www.labmac.enq.ufsc.br/.../ICPOESTECNICAINSTRUMENTAL.ppt](http://www.labmac.enq.ufsc.br/.../ICPOESTECNICAINSTRUMENTAL.ppt)> . Acessado em 30 mar 2010.

24. Saint’Pierre TD . Desenvolvimento de Métodos Analíticos para Determinação de MetaisTraço em Álcool Combustível e Gasolina por Espectrometrias de Absorção Atômica e de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado [doutorado]. Florianópolis (SC): Universidade Federal de Santa Catarina; 2004.

25. Juliano VF. Introdução aos Métodos Espectroanalítico - III. QUI624. Disponível em: URL: <<http://zeus.qui.ufmg.br/~valmir/Espectroanalitica%20-%20Emissao%20Atomica.pdf>> . Acessado em 30 mar 2010.

26. Silva MJ, Cortez J, Pasquini C, Honorato RS, Paim APS, Pimentel MF. Gunshot Residues: Screening Analysis by Laser-Induced Breakdown Spectroscopy. *J. Braz. Chem. Soc.* 2009; 20 (10); 1887-1894.
27. Amaral MM. Desenvolvimento de Espectroscopia de Plasma Induzido por Laser para Aplicações em Análise de Patrimônio Cultural: Estudo de moedas de um cruzeiro de 1945 e mil réis de 1939. [dissertação]. São Paulo (SP): Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Autarquia Associada à Universidade de São Paulo; 2008.
28. Cortez J. Construção e avaliação de um instrumento para espectrometria de emissão em plasma induzido por laser (LIBS): aplicação em ligas metálicas. [dissertação]. Campinas (SP): Departamento de Química Analítica, Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas; 2007.
29. Niewöhner L. GSR na Alemanha. *Perícia Criminal*. Setembro/dezembro 2005; 22: 4-6. Disponível em: URL: <<http://www.apcf.org.br>>. Acessado em 21 de março 2010.
30. Hafner B. Scanning Electron Microscopy Primer. 2007 Characterization Facility, University of Minnesota—Twin Cities. Disponível em: <[http://www.charfac.umn.edu/sem\\_primer.pdf](http://www.charfac.umn.edu/sem_primer.pdf)> Acessado em 21 de março de 2010.
31. Duarte LC, Juchem PL, Pulz GM, Brum TMM, Chodur N, Liccardo A, Fischer AC & Acauan RB. Aplicações de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Sistema de Energia Dispersiva (EDS) no Estudo de Gemas: exemplos brasileiros *Pesquisas em Geociências*, 30(2): 3-15. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2003.