

# CONTAMINAÇÃO POR RESÍDUOS DE DISPAROS DE ARMAS DE FOGO: PERFIL DE VARIAÇÃO DOS CONTAMINANTES

## CONTAMINATION OF GUNSHOT RESIDUES: PROFILE OF VARIATION OF CONTAMINANTS

Wesley Machareth Lisboa<sup>1</sup>

Joaquim Teixeira de Assis<sup>2</sup>

Gil de Carvalho<sup>3</sup>

José Humberto Zani<sup>4</sup>

**Resumo:** Um crescimento exponencial da violência tem sido assistido pela sociedade moderna em todo o mundo. Neste cenário, o emprego de armas de fogo (AF) está relacionado com a violência de uma forma significativa. Neste contexto, vários trabalhos científicos têm sido desenvolvidos com o objetivo de reduzir os índices de violência relacionada com armas de fogo e dando suporte aos trabalhos de investigação. O presente trabalho consiste na pesquisa para a identificação de resíduos de disparos de arma de fogo, *Gunshot residues* (GSR), que são depositados nas mãos dos atiradores. Foi utilizado um espectrômetro portátil de raios X, produzido pela AMPTEK, com tubo de raios X de anodo de Au. As amostras foram submetidas a um feixe com 15 e 25 kV de tensão e corrente de 15 e 25 $\mu$ A por um tempo de medida de 300s e 600s, respectivamente. Os espectros foram construídos com auxílio do programa DppMca, também fornecido pela AMPTEK. Os resultados obtidos através de amostras extraídas de atiradores e não atiradores mostraram que o uso da técnica de fluorescência de raios X por dispersão em energia (EDXRF) torna possível identificar elementos característicos de disparos de armas de fogo, GSR.

**Palavras-chave** Violência. Armas de fogo. Resíduos de disparo. Raios X. Fluorescência.

**Abstract:** An exponential growth of violence has been witnessed modern society in the world. In this scenario, the use of firearms (AF) is related to violence in a meaningful way. In this context, several scientific studies have been developed in order to reduce the levels of violence related to firearms and supporting the research. This work is the search for identifying firearms shots waste, Gunshot residues (GSR), which are deposited in the hands of shooters. A portable X-ray spectrometer produced by AMPTEK with Au anode was used. The

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Mecânica, IPRJ/UERJ – wesleylisboa@rocketmail.com

<sup>2</sup> Doutorado em Engenharia Nuclear, IPRJ/UERJ – joaquim.iprj@gmail.com

<sup>3</sup> Doutorado em Química, IPRJ/UERJ – gilde.iprj@gmail.com

<sup>4</sup> Doutorado em Modelagem Computacional, IPRJ/UERJ – jhzani@hotmail.com

samples were subjected to a 15 and 25 kV beam voltage and current of 15 and 25 $\mu$ A, during periods of 600s. Spectra were built with the aid of DppMca program, also provided by AMPTEK. The results obtained from samples taken from shooters and not shooters show that the use of fluorescence technique of X-ray energy dispersive (EDXRF) makes it possible to identify characteristic features of gunshot residues, GSR.

**Keywords:** *Violence. Firearms. Firing waste. X-ray fluorescence.*

# 1 INTRODUÇÃO

Um crescimento exponencial da violência vem sendo assistido pela sociedade moderna em todo o mundo. Neste cenário, o emprego de armas de fogo (AF) está relacionado à violência de forma significativa. Segundo a Constituição brasileira, às polícias não cabe apenas o desenvolvimento do que se nomeia por policiamento ostensivo, ou de prevenção, mas também o serviço de investigação (BRASIL, 1988). Segundo Mapa da Violência, em que foram avaliadas 90 nações, o Brasil ocupa o 11º lugar no ranking de vítimas fatais por disparo de armas de fogo. Apenas países do porte de Venezuela, El Salvador, Trinidad e Tobago e Iraque são mais violentos que o Brasil (COURA, 2015).

Quando uma AF é disparada ocorre, em seu interior, a queima de uma carga de projeção que faz com que o projétil seja arremessado, através do cano, em direção a um alvo. Este conjunto de eventos resulta na produção de diversas partículas que, por conseguinte, são lançadas, tanto pelo cano quanto pelo espaço entre tambor e armação, para a parte externa. Partes destes resíduos permanecem retidas no interior do cano da arma, mas, boa parte é expelida e acaba por se depositar nas mãos, roupas e cabelos do atirador (ZEICHNER; LEVIN, 1993, v. 38, p. 571-584; NIEMEYER, 2000, v. 1, p. 8-9). A detecção e identificação de tais resíduos podem indicar o autor do disparo e representam um importante dispositivo a ser empregado, pela polícia técnica, na elucidação de crimes de homicídio. O Exame Residuográfico, consiste em coletar amostras das mãos do suspeito, através de fitas adesivas, e borrifá-las com solução acidificada de Rodizonato de Sódio. As referidas fitas ao apresentarem um espalhamento de pontos de cor avermelhada, indicam resultado positivo. Trata-se de uma técnica bastante simples e largamente utilizada pela Polícia de São Paulo, porém, “foram obtidos resultados positivos nas mãos de pessoas que não dispararam armas na data do exame, bem como resultados negativos em pessoas que haviam disparado há poucos minutos” (NEGRINE NETO, 2015), além de limitar-se, somente, à identificação de partículas de chumbo.

Em 2000, o Instituto Militar de Engenharia (IME) foi consultado pelo Hospital Central do Exército (HCE) sobre a possibilidade de realizar exame de resíduos de disparos utilizando microscopia eletrônica de varredura (MEV). Desde então, esse exame tem sido rotineiramente realizado, no Laboratório de Microscopia Eletrônica da Seção de Engenharia Mecânica e de Materiais, em casos militares. (MARTINY, 2008, v. 25, n. 3, p. 24-35).

Estudos mostram que a identificação dos elementos Antimônio (Sb), Bário (Ba), Chumbo (Pb) caracteriza presença de resíduos de disparo de armas de fogo (GSR) (ASTM E 1588-10, 2010).

Neste trabalho é empregada a técnica de fluorescência de raios X por dispersão em energia, (Energy dispersive X-ray fluorescence (EDXRF)), com o objetivo de investigar a eficiência do método, na identificação dos elementos químicos, que possam caracterizar a contaminação de uma amostra, por disparos de AF, e.g., Sb, Ba e Pb.

## **2 METODOLOGIA**

O experimento foi realizado em duas etapas. No primeiro momento dois voluntários (V1 e V2) participaram do experimento. O V1 não realizou nenhum disparo e nem manuseia AF em seu cotidiano e teve suas amostras coletadas com a finalidade da criação de parâmetros de estudo. O V2 realizou dez disparos com uma pistola calibre 380 de marca Taurus de uso particular. Em um segundo momento, no centro de treinamento de tiro dois voluntários (V3 e V4) realizaram disparos com armas comumente empregadas e apreendidas. O V3 efetuou dez disparos com um revólver calibre 38, de marca Taurus. O V4 efetuou dez disparos com uma pistola PT100 de calibre 40, de marca Taurus. As amostras foram coletadas utilizando-se um algodão fixado em haste plástica e embebido em solução de ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) a 2%, empregando-se a técnica de esfregaço. Tal técnica consiste em esfregar por alguns segundos o algodão no dorso-palmar e pinça-palmar dos atiradores

(ACEVEDO, 2015). A coleta foi realizada antes e após a realização dos disparos.

As amostras produzidas foram analisadas em um espectrômetro portátil de raios X, produzido pela AMPTEK, com tubo de raios X com anodo de Au. As amostras foram posicionadas, uma a uma, no foco do sistema e, com auxílio do programa Dppmca, fornecido pela AMPTEK, foram elaborados espectros que, posteriormente sobrepostos, possibilitaram a visualização da existência de contaminantes de GSR. As amostras adquiridas a partir de V1 e V2 foram submetidas a um feixe de 15 KV de tensão e 15  $\mu$ A de corrente por um intervalo de tempo de 300s. As amostras adquiridas a partir de V3 e V4 foram submetidas a um feixe de 25 KV de tensão e 25 $\mu$ A de corrente por um intervalo de tempo de 600s. As medidas foram realizadas no Laboratório de Ensaio Físicos (LEF) do Instituto Politécnico da UERJ (IPRJ).

### 3 RESULTADOS

A Fig. 1 apresenta o espectro construído a partir da amostra coletada da mão de empunhadura do V1. Este voluntário não efetuou disparos e não manuseia AF em seu cotidiano. Foram identificados picos característicos dos elementos Sb e Fe.

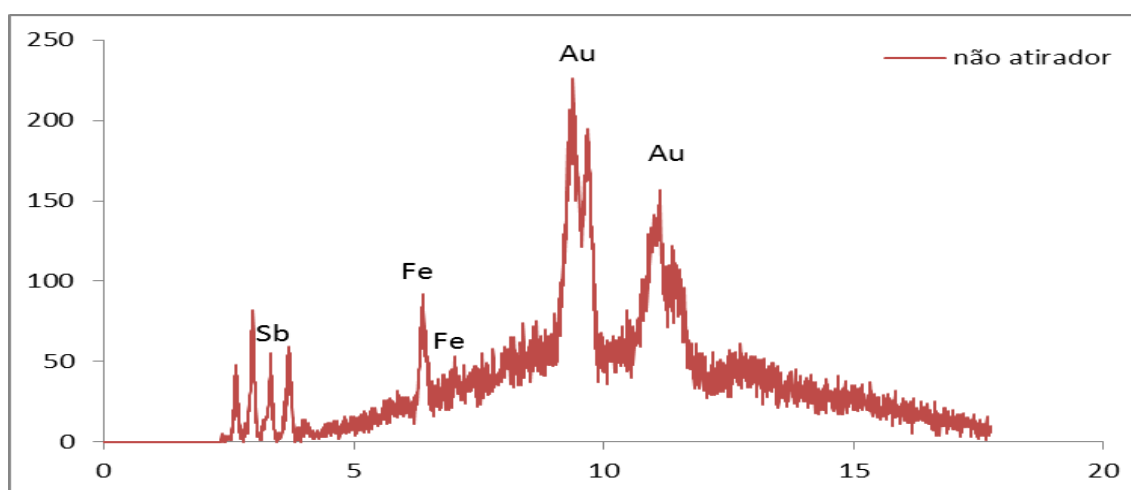


Figura 1 – Espectro obtido a partir da mão de empunhadura do V1

A Fig. 2 apresenta a sobreposição dos espectros construídos a partir das amostras coletadas da mão de empunhadura do V2. Este voluntário realizou dez disparos com uma pistola calibre 380, de marca Taurus. Foram identificados picos característicos dos elementos Sb, Ba, Fe, Cu, Zn e Pb.

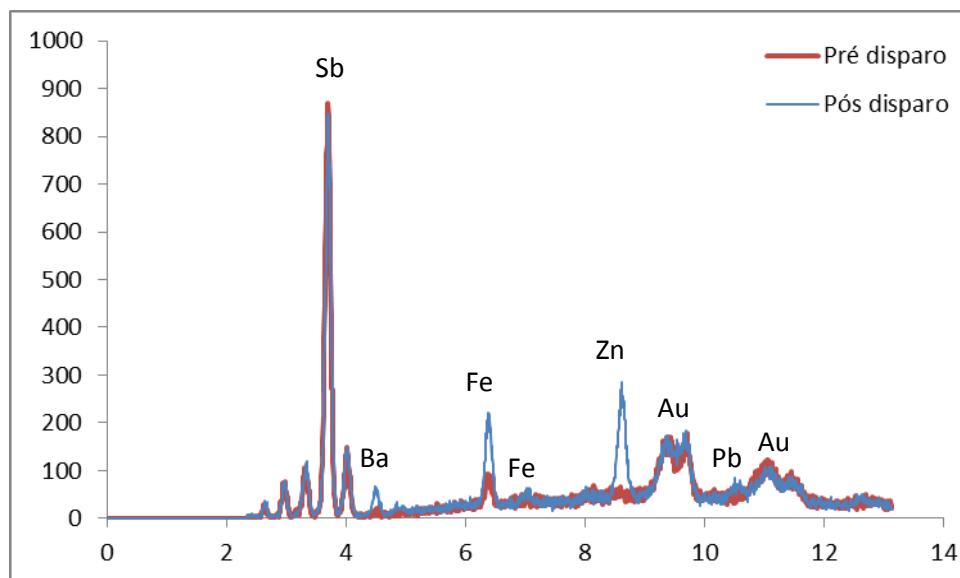


Figura 2 – Sobreposição de espectros obtidos das amostras do V2

A Fig. 3 mostra os espectros produzidos a partir das amostras da mão de empunhadura do V3. Nos espectros foram identificados alguns elementos característicos de GSR, além do Argônio (Ar) e do Ouro (Au), que são provenientes do ar e do anodo. É possível verificar um pico coincidente entre Sb e Ca, que apresenta uma variação positiva após se efetuar os disparos. Verifica-se, também, um pico coincidente entre Ba e Ti, o qual, não apresenta variação significativa. Identificaram-se picos característicos do elemento Fe e uma variação positiva deste elemento, no espectro elaborado, após a realização dos disparos.

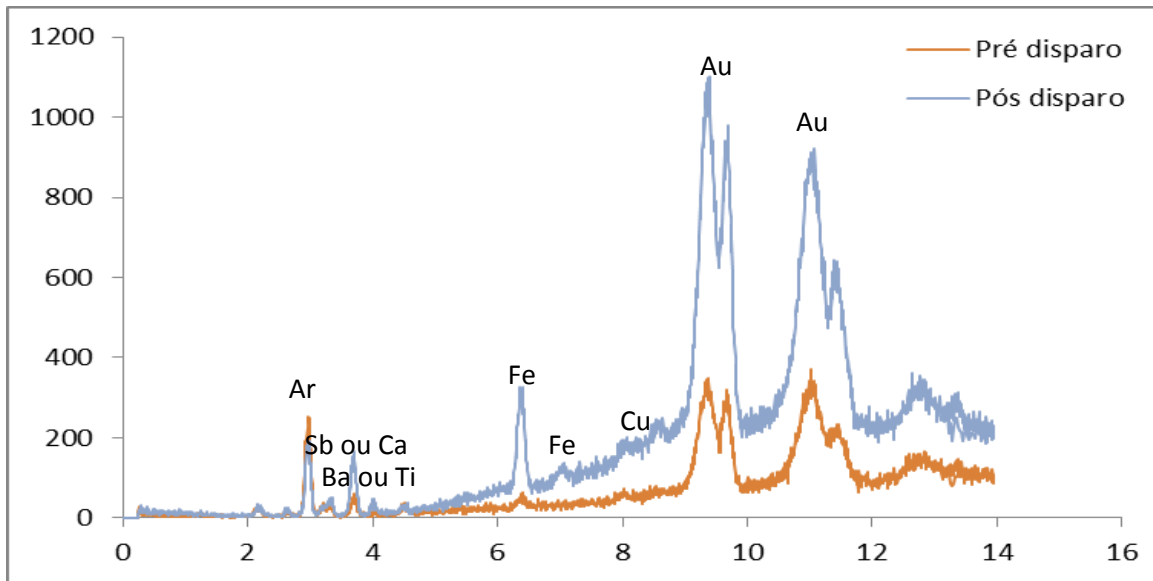


Figura 3 – Sobreposição dos espectros das amostras coletadas do V3

A Fig. 4 apresenta o perfil de variação da contagem dos elementos contaminantes das amostras. A região delimitada pela linha azul indica a contagem dos contaminantes detectados na amostra coletada antes da realização dos disparos. A região delimitada pela linha vermelha indica a contagem dos contaminantes detectados na amostra coletada após a realização dos disparos. Observa-se um aumento da contagem as linhas  $K\alpha$  e  $K\beta$  de Fe, assim como na linha  $K\alpha$  do Cu. Não foi observada a linha  $K\beta$  do Cu.

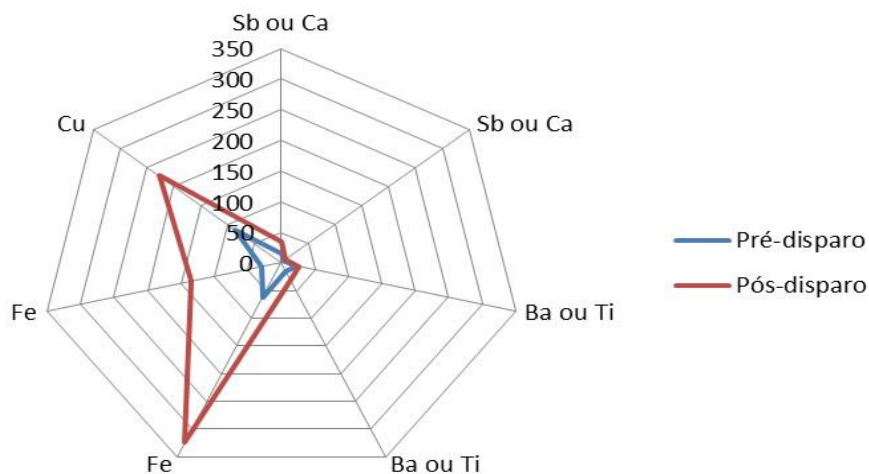


Figura 4 – Variação dos elementos identificados na amostra do V3

A Fig. 5 apresenta a sobreposição dos espectros construídos a partir das amostras coletadas da mão de empunhadura do V4. Nesta pode ser verificado que elementos característicos dos GSR também foram identificados, além de Ar e Au. Novamente verifica-se a existência de picos comuns entre os elementos Sb e Ca e os elementos Ba e Ti. Verificando-se, ainda, uma significativa variação positiva do pico característico do elemento Fe.

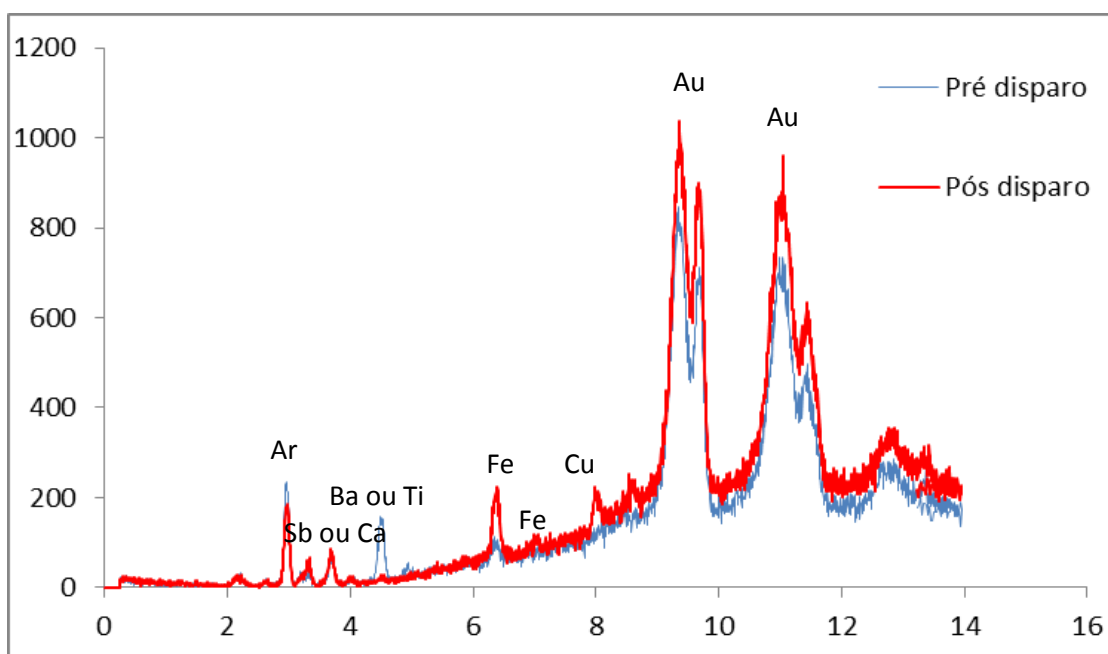


Figura 5 – Sobreposição dos espectros obtidos das amostras coletadas do V4

A fim de se verificar o perfil de variação da contagem dos elementos identificados na amostra construiu-se o gráfico apresentado na Fig. 6. Neste gráfico a região delimitada pela linha azul indica a contagem dos contaminantes detectados na amostra coletada antes de o V4 ter efetuado os disparos. A região delimitada pela linha vermelha indica a contagem dos contaminantes detectados após a efetuação dos disparos. Observa-se um aumento da contagem as linhas  $K\alpha$  e  $K\beta$  de Fe, assim como na linha  $K\alpha$  do Cu. Não foi observada a linha  $K\beta$  do Cu.



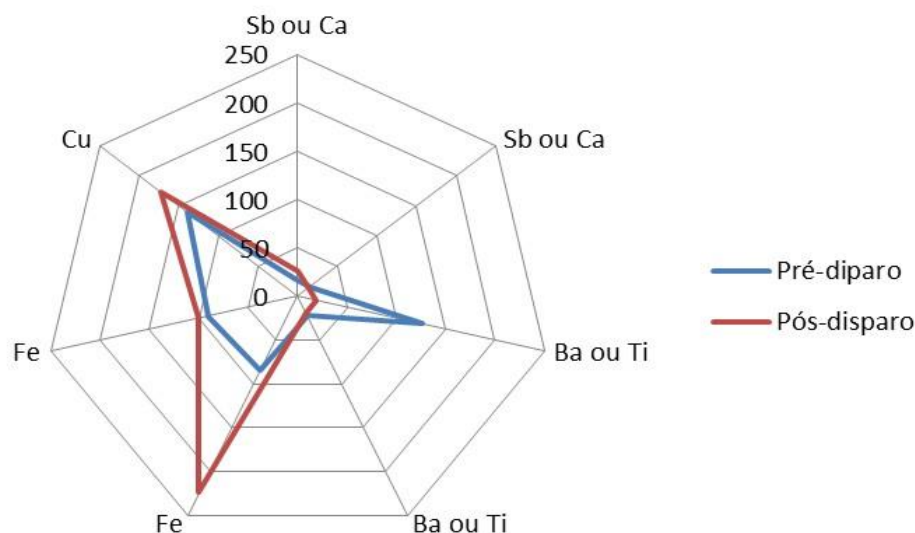


Figura 6 – Variação dos elementos identificados na amostra do V4

## 4 CONCLUSÕES

Em suas atividades diárias o ser humano pode manusear materiais que acabem por contaminar suas mãos com resíduos diversos, inclusive, elementos característicos de GSR. Inicialmente, analisando as amostras de V1 e V2, foram identificados picos característicos de elementos característicos de GSR, porém, verificações posteriores e mais detalhadas da tabela periódica, mostraram que outros elementos, como Ca e Ti, apresentam picos próximos dos elementos de interesse e podem dificultar a identificação do elemento realmente presente na amostra durante a pesquisa.

Na segunda etapa do experimento o equipamento utilizado passou por calibrações de rotina. A análise das amostras de V3 e V4 mostraram a existência de picos característicos dos elementos Fe e Cu. Identificaram-se, ainda, picos que podem indicar a presença de Sb e Ba, porém, como citado anteriormente, esses elementos apresentam picos muito próximos dos elementos Ca e Ti, respectivamente, o que impossibilita a definição precisa do elemento encontrado. Os picos compreendidos entre 8,5 keV e 14,0 keV, nas

Fig. 3 e 5, correspondem ao Au, material constituinte do anodo do equipamento. Este elemento impossibilitou a avaliação da contaminação por Pb, pois, os picos são relativamente próximos.

Os gráficos apresentados nas Fig. 4 e 6, inseridos no presente trabalho a partir da segunda etapa do experimento, mostrou-se de suma importância na avaliação da variação dos elementos identificados em cada amostra. Com isso tornou-se possível notar, mais facilmente, variação positiva do elemento Fe após a realização dos disparos, além de uma visualização da similaridade de perfil de variação da contaminação em cada amostra.

Conclui-se que, o emprego da técnica de fluorescência de raios X por dispersão em energia (*Energy dispersive X-ray fluorescence* (EDXRF)), possibilitou identificar a existência e a variação dos elementos Fe e Cu nas amostras coletadas na segunda fase do experimento. Não foi possível precisar a existência dos elementos Sb e Ba devido a seus picos de energia se situarem próximos aos picos dos elementos Ca e Ti, respectivamente. A utilização de um equipamento com anodo distinto poderá possibilitar a identificação do elemento Pb nas amostras. Maiores estudos se fazem necessários com o intuito de possibilitar a identificação dos elementos Sb e Ba. Estudos realizados com o emprego de outros tipos de armamento e munições são imprescindíveis para a comparação de resultados e verificação da eficácia do método, a avaliação de resíduos que possam se depositar em alvos podem auxiliar na validação dos resultados podendo, inclusive, propiciar estudos relacionados à distância do atirador em relação à proporção de resíduos identificados.

## REFERÊNCIAS

ACEVEDO, M. S. et al. **Otimização da coleta de resíduos de disparo de arma de fogo frente ao teor de Sb.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 53, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2013/trabalhos/4/3275-16840.html>>. Acesso em: 16 Jul. 2015, 20:12:10.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS ASTM E1588-10: **Standard guide for gunshot residue analysis by scanning electron microscopy/ energy dispersive x- ray spectrometry.** West Conshohocken, PA. 2010.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília: Senado, 2015.

COURA, Kalleo. **Brasil é o 11º país com mais mortes por arma de fogo.** Veja São Paulo, 13 maio 2015. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/brasil/brasil-e-o-11-pais-com-mais-mortes-por-arma-de-fogo>> Acesso em 20 de mai. de 2015, 08:43:19.

MARTINY, Andréa; PINTO, André Luiz. **Aplicação da microscopia eletrônica de varredura à análise de resíduos de tiro.** Revista Militar de Ciência e Tecnologia, v. 25, n. 3, p. 24-35, 2008

NEGRINE NETO, Osvaldo **Os Laboratórios criminalísticos na moderna investigação policial.** 2015. Disponível em:<<http://www.reocities.com/CapeCanaveral/Launchpad/2909/page29.html>>. Acesso em: 11 jun. 2015, 12:55:02.

NIEMEYER, W. D. **Gunshot residue from strange places,** IAMA Newsletter, v. 1, p. 8-9. 2000.

ZEICHNER, A.; LEVIN, N. **Collection efficiency of gunshot residue (GSR) particles from hair and hands using double-side adhesive tape.** J Forensic Sci. v. 38, p. 571-584. 1993.

**Edição especial** - XX ENMC (Encontro Nacional de Modelagem Computacional) e VIII ECTM (Encontro de Ciência e Tecnologia dos Materiais), realizado entre 16 e 19 de outubro de 2017 na cidade de Nova Friburgo – RJ.

**Editor** – Mateus das Neves Gomes