

TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE PROJÉTIL ENCAMISADO DEFLAGRADO PARA CONFRONTO BALÍSTICO

A. C. Pavani*, R. A. Faria*, W. C. Godoi**, T. F. Linhares***

* PPGEB-UTFPR, Curitiba, Brasil

** DAFIS-UTFPR, Curitiba, Brasil

*** Fundação CERTI / UFSC, Florianópolis, Brasil

e-mail: annecepav.eb@live.com

Resumo: O atual método de exame de confronto balístico é feito pela observação subjetiva, por um perito, de projéteis de arma de fogo retiradas de uma vítima em comparação com um projétil de prova, disparado com a arma suspeita, utilizando um microscópio óptico. Este trabalho tem como objetivo propor e avaliar a probabilidade de sucesso na aquisição de imagens de projéteis alojados em vítimas de FAF (Ferimento por Arma de Fogo), com qualidade diagnóstica suficiente para confronto balístico, utilizando imagens tridimensionais adquiridas em tomógrafo industrial. Uma das dificuldades encontradas foi acertar os parâmetros da técnica radiológica para conseguir penetrar no núcleo de chumbo com o mínimo de atenuação possível. A imagem tomográfica de um projétil é apresentada e os resultados indicam que o uso da tomografia é promissor.

Palavras-chave: confronto balístico, tomografia computadorizada industrial, projétil encamisado.

Abstract: *The current method of ballistic comparison is done by subjective observation, by an expert, of a bullet taken from a victim compared to a proof-bullet, fired of a suspected firearm, by using an optical microscope. This paper aims to propose and evaluate the probability of success in image acquisition of housed bullets in victims of IG (Injury Gun), with sufficient diagnostic quality for ballistic showdown, using three-dimensional images acquired in industrial tomograph. One of the difficulties encountered was set parameters for radiological technique to penetrate the lead nucleus with minimum possible attenuation. A tomographic image of a bullet is presented and the results indicate that the use of tomography is promising.*

Keywords: *ballistic test, industrial computerized tomography, jacketed bullet.*

Introdução

A tomografia computadorizada (TC) é uma técnica desenvolvida por Godfrey Hounsfield na década de 1970 a fim de superar uma série de limitações encontradas na radiografia convencional, tais como sobreposição e discriminação de estruturas com densidades próximas em partes moles e impossibilidade de medição quantitativa de densidades [1]. O processo da aquisição de imagens por TC foi desenvolvido a fim de observação intracraniana sem a necessidade de um procedimento

invasivo, como uma cirurgia. Hounsfield, então, criou um método em que se pode calcular a atenuação dos feixes de raios X e realizar uma reconstrução em 3D das imagens adquiridas em 2D com uma considerável sensibilidade a diferentes tecidos [1].

O tomógrafo industrial é composto, principalmente, de um gerador de raios X, uma mesa rotatória e um detector. A mesa rotatória é um diferencial em relação ao tomógrafo médico [2,3], em que o tubo de raios X bem como os detectores realizam rotações ao redor do paciente posicionado na abertura do *gantry*. No tomógrafo industrial são feitas imagens de peças de diferentes materiais para avaliação do volume de defeitos, que podem ser utilizadas no processo de controle de qualidade [4]. A utilização da radiação penetrante (como os raios X) para verificação de um componente qualquer é particularmente interessante pois atravessam corpos opacos. Trata-se de uma inspeção de características internas por meio de ensaio não-destrutivo com reconstrução gráfica de estruturas de alta densidade [5]. A grande vantagem da utilização desse método é a habilidade em capturar simultaneamente o interior e o exterior de uma amostra, incluindo caracterização detalhada do material em uma única varredura [6].

Projéteis de arma de fogo encamisados são compostos por um núcleo de metal pesado, normalmente chumbo, recoberto por uma capa de alguma liga de metais mais leves (zinco, estanho, aço, zinco e cobre, em diferentes combinações) [7]. Quando um projétil é ejetado de uma arma, esta deixa marcas sobretudo na superfície lateral do projétil por conta de raias contidas internamente ao cano. São estas marcas, ou microestrias, que devem ser analisadas em um exame de confronto balístico a fim de compará-las àquelas produzidas em uma munição semelhante disparada com a arma suspeita.

Pela análise, atualmente, ser realizada somente com projéteis retirados do corpo das vítimas, o objetivo do atual trabalho é avaliar a possibilidade de imageamento, por meio de TC, de projéteis alojados em vítimas não-fatais de FAF (Ferimento por Arma de Fogo) já que, como demonstrado na Figura 1, a imagem realizada com protocolo convencional de tomografia computadorizada se apresenta com formação de artefatos em *strike* por conta do endurecimento do feixe de raios X no cerne de chumbo do PAF (Projétil de Arma de Fogo). Com o desenvolvimento do atual projeto, poder-se-á tornar possível o imageamento da superfície desse projétil para

um exame de confronto balístico completo a partir de um projétil alojado.



Figura 1. Imagem por Tomografia computadorizada, corte axial, realizada em paciente com PAF alojado em encéfalo. Fonte: [9]

O exame de confronto balístico realizado pelos institutos de criminalística brasileiros consiste na comparação entre 2 projéteis: o projétil retirado no corpo de uma vítima de FAF e um projétil semelhante àquele disparado pela arma de fogo suspeita do crime.

Inicialmente, a comparação é feita macroscopicamente para a determinação de calibre – por medição de diâmetro, comprimento e massa – e análise superficial de estrias. Após, essas estrias são avaliadas por microcomparação, processo em que são observados em microscópio óptico detalhes mais sutis deixados pelo cano da arma de fogo no projétil, como se pode observar na Figura 2. Esta análise é feita a fim de encontrar grupos de estrias semelhantes entre as imagens para posterior diagnóstico pericial. As estrias formadas não serão exatamente iguais pois, a cada disparo, há desgaste do cano da arma em questão.

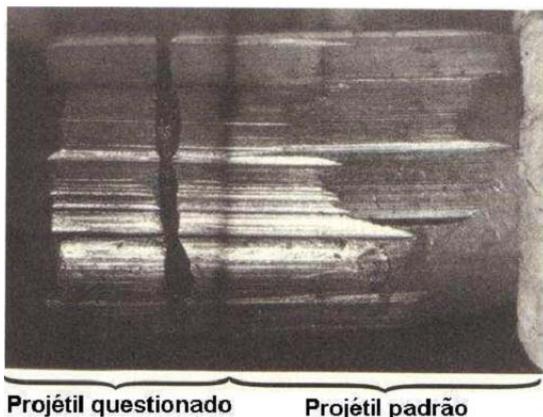


Figura 2. Imagem de microcomparação balística entre dois projéteis, um questionado (retirado da vítima) e um padrão (disparado com a arma de fogo suspeita). Fonte: [11]

Materiais e métodos

Foi feita a aquisição da imagem de 1 projétil de arma de fogo deflagrado (Figura 3) que foi cedido pelo Instituto de Criminalística do Estado do Paraná. Para este estudo, o núcleo de chumbo foi retirado por fusão (processo que não altera profundidade e espessura das microestrias, pois o ponto de fusão do chumbo é de $327,5^{\circ}$, enquanto o ponto de fusão dos metais utilizados para a camisa do projétil – Ni, Co – é acima de 1000°C) a fim de permitir a aquisição da imagem pelo tomógrafo. Testes anteriores a esse procedimento mostraram que não é possível, a princípio, a penetração suficiente do feixe de raios X e ainda menos a identificação das microestrias na superfície por meio de tomografia computadorizada ou outro método que utilize radiação X por conta do endurecimento do feixe no chumbo.

A Figura 3 mostra um projétil do tipo encamisado ogival total, calibre .40 mm, contendo discretas deformações superficiais após disparo em tanque balístico.



Figura 3. Projétil utilizado para imageamento por TC. Fonte: Os autores

Para a aquisição das imagens foi utilizado o tomógrafo METROTOM 1500 – ZEISS (Figura 4), cujas características de desempenho estão dispostas na Tabela 1, da Fundação CERTI (Fundação Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras), Campus Universitário UFSC – Setor C – Florianópolis/SC. O software de aquisição de imagens utilizado foi o METROTOM OS 2.6 13032.1. O software utilizado para análise das imagens foi o myVGL 2.2.1 64 bits em plataforma Windows.

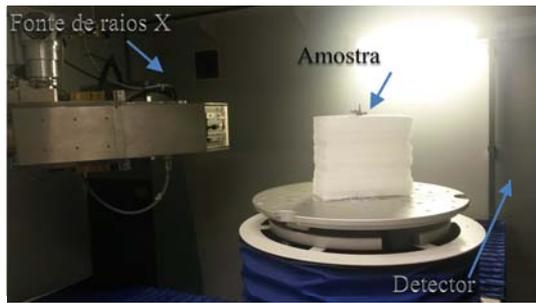


Figura 4: Ensaio por tomografia computadorizada no tomógrafo METROTOM 1500, na fundação CERTI. Fonte: os autores.

Tabela 1: características de desempenho do METROTOM 1500.

Tubo de raios X	225 kV / 225 W
Detector	1024×1024 pixels
Faixa de medição	Ø 300 × 350 mm
Faixa de ajuste da plataforma de elevação	150 mm
Distância fonte-detector	1500 mm

Fonte: [8]

As técnicas radiográficas utilizadas foram 180 kV e 449 μ A, com tempo de integração de 1999,744 ms para aquisição de cada projeção. Foi utilizado filtro de cobre de 1,00 mm na saída do feixe de raios X e adquiridas 800 projeções.

Resultados

As microestrias (destacadas na Figura 5 por setas) puderam ser observadas nas imagens adquiridas, após reconstrução 3D.

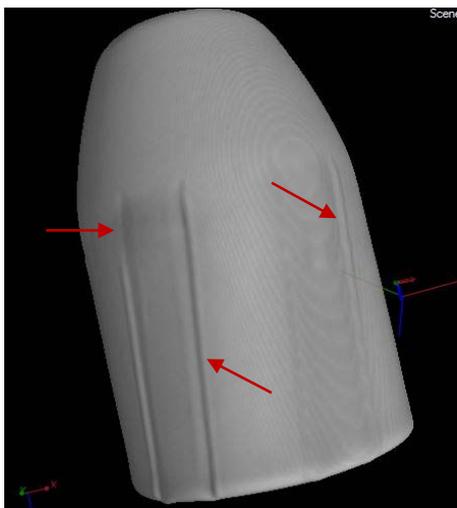


Figura 5: Reconstrução gráfica volumétrica do projétil de teste. Fonte: os autores.

Discussão

Pode-se observar potencial capacidade de utilização desse método para avaliação de microestrias em projéteis nas condições esperadas. A possibilidade de identificação

dessas microestrias é de fundamental importância para auxílio num futuro protocolo de tomografia computadorizada para confronto balístico. A vítima de FAF com projétil alojado poderá, enfim, ser submetida a análise pericial ainda mais completa tendo a possibilidade de identificar o agressor por meio de arma suspeita.

Conclusão

Já que a superfície da camisa do projétil pode ser avaliada com detalhes suficientes, o resultado apresentado indica condições favoráveis no desenvolvimento de projetos envolvendo a TC industrial para estudos futuros, aos moldes do exame de confronto balístico, da possível utilização desse método para imageamento do projétil em vítimas não-fatais de FAF.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Eduardo Haffner, comercial da Zeiss do Brasil, por ter feito o intermédio para contato com a Fundação CERTI.

Os autores agradecem ao Mateus Dieckmann de Oliveira, coordenador de metrologia e controle da qualidade, e ao Thiago Linhares Fernandes, graduando em engenharia mecânica na UFSC, pela atenção concedida nas visitas à Fundação CERTI bem como pelo interesse e aquisição das imagens.

Os autores agradecem ao colega Alexandre Guilherme de Lara pelo fornecimento de materiais e conhecimento na área da balística.

Referências

- [1] Hounsfield GN. Computed Medical Imaging. *Med Phys* 7(4), Jul/Aug 1980. London.
- [2] Kruth JP, Bartscher M, Carmignato S, Scmitt R, De Chriffre L, Weckenmann A. Computed Tomography for dimensional metrology. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. 2011.
- [3] Bartscher M, Hilpert U, Goebels J, Weidemann G. Enhancement and Proof of Accuracy of Industrial Computed Tomography (CT) Measurements. *Annals of the CIRP*. 56/1/2007. doi:10.1016/j.cirp.2007.05.118
- [4] Godoi WC, Geus K, Silva RR, Swinka Filho V. Automated flaw detections in X-ray tomography of polymer insulators. *Insight* col 52. 2010 Oct. p533-539
- [5] Carmignato S. Accuracy of industrial computed tomography measurements: Experimental results from an international comparison. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*; 61:491-494.
- [6] Amirkhanov A, Heinzl C, Reiter M, Kastner J, Gröller ME. Projection-Based Metal-Artifact Reduction for Industrial 3D X-ray Computed Tomography. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. 2010. 17(12)
- [7] Thornby J, Landheer D, Williams T, Barnes-Warden

- J, Fenne P, Norman D, Attridge A, Williams MA. Inconsistency in 9 mm bullets: Correlation of jacket thickness to post-impact geometry measured with non-destructive X-ray computed tomography. *Forensic Science International*. UK, 2014. 234:111-119.
- [8] Carl Zeiss Metrologia Industrial. METROTOM®. Visible Metrology. Disponível em www.zeiss.com/industrial-metrology/en_de/products/systems/computed-tomography/metrotom-1500.html?catalog=METROTOM1500
- [9] Gattás G S, Imagem no traumatismo craniano. *Ver Med*. 2011; 90(4): 157-168.
- [10] Silvino Jr, J B. Desenvolvimento de um sistema automatizado para captura e comparação de estriamentos de projéteis de armas de fogo [dissertação] Belo Horizonte: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica – UFMG; 2010.
- [11] D. Tocchetto. *Balística forense: aspectos técnicos e jurídicos*. Editora Millenium, 4ª edição. 2010.