

## MORFOMETRIA DE PARTÍCULAS DE RESÍDUOS DE TIRO (GSR, *GUNSHOT RESIDUE*)

André Luís Martins de Souza<sup>1,2\*</sup>, Renata Carvalho Silva<sup>1,2</sup>, Charles Bezerra do Prado<sup>1,3</sup>, Matheus Acácio Rodrigues<sup>1,2</sup>, Ivone de Andrade Rosa<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, Rio de Janeiro, RJ

<sup>2</sup> Diretoria de Metrologia Científica, Rio de Janeiro, RJ

<sup>3</sup> Diretoria de Planejamento de Articulação Institucional, Rio de Janeiro, RJ

### RESUMO

Este trabalho apresenta um protocolo automatizado para caracterizar e distinguir a morfometria de partículas de GSR oriundas de 4 tipos de munições, utilizando processamento digital de imagens. Após as medidas de diâmetro de Feret (dF), circularidade (C), relação de aspecto (AR) e arredondamento (R) das partículas pelo método de melhor desempenho (Otsu), as partículas foram separadas em quatro classes.

**Palavras-chave:** classes, esferoidais limiarização, GSR, irregulares.

### Introdução

Partículas de GSR são identificadas inequivocamente pela presença de bário, chumbo e antimônio em sua composição por meio da técnica de microscopia eletrônica de varredura acoplada a espectroscopia por energia em dispersão de raios X (ASTM 1588, 2020). Porém, estudos recentes apontaram a presença de partículas características de GSR em passageiros de automóveis que tiveram contato com airbag acionado. Embora a composição química elementar seja o principal fator para diferenciar as partículas de GSR de outras fontes, a análise da morfometria dessas estruturas pode auxiliar essa distinção, além de possibilitar, via banco de dados por imagens, correlação com o tipo de munição utilizada no disparo da arma de fogo.

### Objetivos

Criar um protocolo de medição automatizada baseado em operações morfológicas capaz de classificar e distinguir a morfometria das partículas de GSR coletadas de disparos com pistolas (munições CBC 9 mm e .40) e fuzis (munições CBC 5.56 mm e 7.62 mm).

### Métodos

1) Avaliação de 17 métodos de limiarização para medição do índice de similaridade de Jaccard e obtenção do dF, R, AR e C de 10 partículas de referência criadas no software GIMP versão 2.10.22 utilizando 6 passos (Figura 1); 2) Inspeção

visual e análise do valor dos tons de cinza (limiarização) das 2522 imagens adquiridas das partículas coletadas; 3) Aplicação do método de análise de agrupamento de Ward.

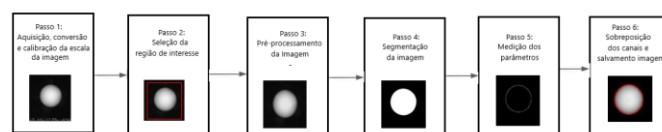


Figura 1. Visão geral do fluxograma de processamento digital e análise de imagens dividido em 6 passos.

### Resultados

Valores de maior similaridade entre medições manuais e automatizadas em partículas esferoidais e irregulares de referência e “reais” foram obtidas pelo método de limiarização Otsu. 75% das partículas de GSR apresentaram dF variando entre 1 µm e 10 µm e foram reclassificadas em quatro grupos. Das 2522 partículas morfometricamente caracterizadas, 57 % eram regulares esferoidais, sendo 42% provenientes da munição 9 mm.

Classes de partículas	Total %	Por Munição %			
		9 mm	0,40"	7.62mm	5.56mm
Regular esferoide	57	42	22	13	23
Regular não esferoide	36	48	18	12	21
Irregular sub-arredondado	6,7	57	20	8	15
Irregular angular	0,3	57	29	0	14

Figura 2. Porcentagem total e por munição de partículas encontradas em cada classe.

### Conclusão

A morfometria de 2522 partículas de GSR foi corretamente determinada. Uma correlação inicial com o tipo de munição foi apresentada.

### Referências bibliográficas

ASTM International. Standard guide for gunshot residue analysis by scanning electron