Desenvolvimento e Caracterização de Gelatina Balística Padrão 10% (Fator Bloom 250) e sua Influência na Cavidade Temporária em Testes Balísticos

Autor(res)

Rudolf Huebner
Vinicius Samuel Pereira Silva
Jose Guilherme Coelho Baeta

Categoria do Trabalho

5

Instituição

UFMG - UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Introdução

A gelatina balística é amplamente empregada como simulante de tecidos moles humanos em ensaios balísticos, devido à sua capacidade de replicar com precisão os efeitos da penetração e dissipação de energia de projéteis. A formulação padrão recomendada pelo FBI utiliza gelatina orgânica a 10% de concentração com fator Bloom 250, mantida a 4°C. Essa configuração proporciona propriedades viscoelásticas que mimetizam adequadamente o comportamento do corpo humano. Em contraste, gelatinas inorgânicas glicerinadas, embora apresentem maior durabilidade e resistência ao calor, tendem a apresentar menor elasticidade e capacidade de absorção de energia, resultando em cavidades temporárias menos representativas. A escolha entre essas formulações impacta diretamente a análise da cavidade temporária e os fenômenos de transporte envolvidos no impacto balístico.

Objetivo

Desenvolver, caracterizar e comparar o desempenho balístico da gelatina balística padrão FBI (10%, Bloom 250, a 4°C), com formulação orgânica, em relação a variantes inorgânicas glicerinadas. O estudo busca analisar como as propriedades físico-químicas — incluindo interações intermoleculares, viscosidade e elasticidade — influenciam os fenômenos de transporte e a formação da cavidade temporária durante o impacto balístico. A partir dessa análise, busca-se avaliar a eficácia de cada tipo de gelatina como simulante biomimético de tecidos moles humanos, com base em critérios da análise balístca.

Material e Métodos

A metodologia adotada para este estudo envolve a preparação das amostras de gelatina, caracterização físico-química, ensaios balísticos e posterior análise dos resultados. As etapas estão descritas a seguir:

1. Preparação das Amostras
Serão preparadas duas formulações de gelatina balística:

Gelatina Orgânica (Padrão FBI): 10% de concentração em massa com fator Bloom 250, hidratada em água destilada por 2 horas e aquecida a 40°C até completa dissolução. A mistura será vertida em moldes padronizados

e resfriada a 4°C por 36 horas.

Gelatina Inorgânica Glicerinada: Preparada conforme proporções típicas da literatura (ex: 10% gelatina, 30% glicerina, 60% água), com o mesmo processo de dissolução, moldagem e resfriamento.

2. Caracterização Físico-Química
As amostras serão analisadas quanto à:
Viscosidade (utilizando viscosímetro rotacional).
Elasticidade aparente (por ensaio de compressão).
Estabilidade térmica.

3. Ensaios Balísticos
Serão realizados disparos controlados com projéteis de calibre padronizado (ex: 9mm) a partir de uma distância fixa.

As gelatinas serão mantidas a 4°C até o momento do disparo para garantir consistência.

A formação da cavidade temporária será registrada com câmera de alta velocidade e posterior análise dimensional.

4. Análise dos Resultados
As imagens e dados coletados serão analisados para:
Medir a profundidade de penetração.
Calcular o volume da cavidade temporária e permanente.
Comparar a dissipação de energia entre as amostras.
Os resultados serão discutidos com base nos parâmetros físicos, na resposta balística e na representatividade dos tecidos moles.

Resultados e Discussão

Após a realização dos ensaios balísticos, observou-se uma diferença significativa no comportamento entre a gelatina balística orgânica padrão (10%, Bloom 250) e a formulação glicerinada inorgânica. A gelatina orgânica apresentou maior elasticidade e capacidade de absorção de energia cinética, resultando em cavidades temporárias mais amplas e dinâmicas. A profundidade média de penetração dos projéteis foi ligeiramente maior na gelatina glicerinada, o que indica menor resistência interna e menor dissipação de energia no meio.

A análise da cavidade temporária, registrada por câmera de alta velocidade, revelou que a gelatina orgânica formou cavidades com maior expansão lateral e retração mais lenta, refletindo um comportamento viscoelástico mais próximo do tecido humano. Já a gelatina glicerinada demonstrou cavidades mais estreitas e com menor deformação, compatível com sua menor elasticidade e presença de glicerina, que aumenta a rigidez da matriz.

Do ponto de vista físico-químico, as diferenças podem ser atribuídas à predominância de ligações de hidrogênio e interações polares na gelatina orgânica, enquanto a presença de glicerina, um plastificante, interfere na estrutura tridimensional da rede de gel, reduzindo sua capacidade de resposta dinâmica ao impacto. A viscosidade de

escoamento medida nas formulações também indicou um comportamento mais pseudoplástico na gelatina padrão, enquanto a versão glicerinada apresentou resposta mais densa e coesa.

Esses resultados reforçam a importância da padronização da gelatina balística para análises forenses e testes balísticos. A formulação padrão FBI mostrou maior fidelidade biomimética na simulação de tecidos moles, sendo mais adequada para estudos que envolvem a formação e análise da cavidade temporária, transferência de energia e validação de calibres e munições.

Conclusão

Este estudo demonstrou que as formulações de gelatina balística (orgânica e glicerinada) influenciam significativamente os resultados dos testes balísticos, especialmente na formação da cavidade temporária e na dissipação de energia. A gelatina orgânica padrão FBI (10%, Bloom 250) se mostrou mais eficaz na simulação de tecidos moles humanos, exibindo maior elasticidade e cavidades temporárias mais representativas. Em contraste, a gelatina glicerinada, embora mais resistente ao calor, apresentou cavidades menores e menos expansivas devido à sua rigidez. As interações intermoleculares, como as ligações de hidrogênio na gelatina orgânica, explicam sua maior capacidade de absorção de energia. Esses resultados destacam a importância de escolher a formulação adequada para garantir a precisão dos testes balísticos, sendo a gelatina orgânica a mais indicada para simulações forenses e análises de cavidade temporária.

Agência de Fomento

FAPEMIG-Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais

Referências

CUNHA NETO, João da. Performance em balística terminal de munições de uso policial: análise baseada no protocolo do FBI. 2024.

SANTOS, L. M. P.; ISSA, J. P. M. Composição de gelatina balística, processo para fabricação de gelatina balística e uso da composição. Depositor: University of São Paulo. Attorney: Agência USP de Inovação. BR, v. 10, p. 026401-2, 2021.

SILVA, VINICIUS & CAMARGOS, NELSON & Duarte, Maria Lucia & Donadon, Lázaro. (2020). OS IMPACTOS DA VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO NOS TRIPULANTES DE HELICÓPTEROS DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE MINAS GERAIS. -. 10.51162/brc.dev2020-00073.

SILVA, Vinícius Samuel Pereira. Desenvolvimento de um sistema para identificação de impactos de alta energia em aeronaves de asas rotativas proveniente de arma de fogo. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2020.