



## CAPÍTULO 11

# RESÍDUOS DE METAIS PESADOS ACUMULADOS EM COLETES BALÍSTICOS: UMA PESQUISA DESCRIPTIVA-EXPLORATÓRIA

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.44425071011>

### Raquel de Souza Praia

CAP QCOBM - Coordenadora do Núcleo de Biossegurança do CBMAM; oficial de saúde – enf; Mestranda em Segurança Pública-UNINQ; Compõe o grupo de pesquisa do CBMAM.

### Diego Silva de Oliveira

Cap QOPM - Chefe da seção DTI (Diretoria de tecnologia da Informação); Motociclista militar e batedor; Instrutor de pilotagem de veículos duas rodas; Curso de operações integradas em grandes eventos; Sobrevida em ambiente de selva; Curso de especialização profissional de trânsito urbano; Curso de formação de oficiais da reserva do EB (Exército Brasileiro);

### Luzia Araújo Oliveira

2º TEN QCOBM- Enfermeira; sub-coordenadora do NcBIO;

### Jander Salgado

1º SGT QPBM– Assistente do Núcleo de Biossegurança do CBMAM

### Maria da Conceição Nunes de Souza

SGT – Assistente do Núcleo de Biossegurança do CBMAM

### Ciro Felix Oneti

Mestre em Ensino de Ciências na Amazônia. Integrante do grupo de pesquisa FUNATI e do Núcleo de Biossegurança do CBMAM.

### Priscila Santos H. do Nascimento Acordi

Graduada em Serviço Social (UFAM); Especialista em Assistência Social e família (FAMETRO); Especialista em Gerontologia (UEA) Assistente de Pesquisa pelo CBMAM/UEA;

### Guilherme de Mendonça Furtado

Acadêmico de Medicina, Fametro, estagiária no Núcleo de Biossegurança do CBMAM

### Juliana Santos Araújo Torres

Acadêmica de Odontologia, Fametro, estagiária no Núcleo de Biossegurança do CBMAM

**RESUMO:** O acúmulo de metais pesados em coletes balísticos pode ocorrer devido à degradação dos materiais utilizados na fabricação ou à exposição a projéteis e ambientes contaminados. Esses metais, como chumbo, cádmio e mercúrio, podem se infiltrar nas fibras do colete durante o uso prolongado, especialmente em situações de confronto armado, onde há liberação de resíduos metálicos. A presença contínua desses elementos nos coletes representa um risco à saúde dos usuários, podendo causar intoxicações por contato cutâneo ou inalação de partículas desprendidas. Além disso, o descarte inadequado desses equipamentos ao fim de sua vida útil pode contribuir para a contaminação ambiental. Por isso, é fundamental realizar inspeções regulares, higienização apropriada e descarte correto dos coletes balísticos para minimizar esses riscos.

**PALAVRAS-CHAVE:** colete, metais pesados, saúde, prevenção

## HEAVY METAL RESIDUES ACCUMULATED IN BALLISTIC VESTS: A DESCRIPTIVE-EXPLORATORY RESEARCH

**ABSTRACT:** The accumulation of heavy metals in bulletproof vests can occur due to the degradation of the materials used in their manufacture or exposure to projectiles and contaminated environments. These metals, such as lead, cadmium, and mercury, can infiltrate the vest fibers during prolonged use, especially in armed conflict situations where metal residues are released. The continued presence of these elements in the vests poses a health risk to users, potentially causing poisoning through skin contact or inhalation of released particles. Furthermore, improper disposal of this equipment at the end of its useful life can contribute to environmental contamination. Therefore, regular inspections, proper sanitation, and proper disposal of bulletproof vests are essential to minimize these risks.

**KEYWORDS:** vest, heavy metals, health, prevention

### INTRODUÇÃO

Russo et al. (2023) investigaram a exposição ao chumbo em policiais militares de operações especiais, analisando os coletes balísticos e munição. Todos os coletes analisados apresentaram níveis de chumbo acima dos limites da NR-15 e da OSHA, evidenciando contaminação significativa derivada dos resíduos de armas de fogo. O estudo recomenda práticas como limpeza frequente, substituição dos coletes e uso de munição menos tóxica, além de treinamentos sobre higiene ocupacional.

O acúmulo de metais pesados em coletes balísticos traz uma série de impactos que vão além da degradação do equipamento, afetando diretamente a saúde

humana, o ambiente de trabalho e o meio ambiente. Do ponto de vista da saúde ocupacional, profissionais que utilizam esses coletes por longos períodos podem ser expostos a elementos tóxicos como chumbo, cádmio e mercúrio. Esses metais, ao se alojarem nas fibras do material balístico ou se desprenderem em forma de poeira, podem ser absorvidos pela pele ou inalados, o que a longo prazo pode causar sérios problemas de saúde, incluindo distúrbios neurológicos, respiratórios, renais e até câncer.

No ambiente de trabalho, essa contaminação silenciosa compromete a segurança dos profissionais, especialmente daqueles que atuam em áreas de conflito ou treinamento frequente, onde há maior liberação de resíduos metálicos devido ao uso constante de armamentos. A presença desses contaminantes também pode exigir medidas adicionais de controle, higienização e substituição dos equipamentos, aumentando os custos operacionais e a necessidade de protocolos rígidos de manutenção.

Do ponto de vista ambiental, os impactos também são significativos. O descarte incorreto de coletes balísticos contaminados pode levar à liberação de metais pesados no solo e na água, contribuindo para a poluição ambiental e afetando ecossistemas locais. Esses metais têm alta persistência no meio ambiente e podem se acumular na cadeia alimentar, afetando não apenas a fauna, mas também comunidades humanas próximas a áreas de descarte inadequado.

## OBJETIVOS

Conscientizar sobre os impactos do acúmulo de metais pesados em coletes balísticos, que são muito amplos e preocupantes;

Reforçar a percepção da necessidade de investimento em tecnologias mais seguras e adoção de práticas sustentáveis na produção, uso e descarte desses equipamentos de proteção;



Figura 01: Colete após uso

## Revisão sobre metais pesados militares

Adamu et al. (2023) revisaram os efeitos da poluição por metais no ambiente militar. Embora maior parte da análise focalize resíduos de tiros, munições e fragmentos de urânio empobrecido, destaca-se o potencial tóxico desses metais (como chumbo, cádmio, cromo, níquel e urânio) via contato dérmico, inalação e contaminação ambiental. Embora não trate diretamente de coletes, mostra que ambientes com munição são fontes relevantes de exposição metálica.

## Metais incorporados em fragmentos balísticos

Kalinich & Kasper (2016) relataram que fragmentos metálicos alojados (por exemplo de chumbo, tungstênio e urânio empobrecido) podem se solubilizar com o tempo e migrar por tecidos, incluindo cérebro, rins e ossos. Culminam em efeitos imunológicos, cardiovasculares, neurológicos e oncológicos.

## Contexto e comparação

Embora poucos estudos tenham avaliado diretamente metais acumulados no material dos coletes, presume-se que os resíduos de projéteis (chumbo, cobre, antimônio, cádmio etc.) aderidos ao tecido e placas possam transferir partículas e íons metálicos por contato direto com a pele e roupas, especialmente em ambientes quentes ou úmidos. Elementos como chumbo são bem documentados como perigosos na inalação e ingestão, e podem ser absorvidos por microabrasão e transpiração.

## METODOLOGIA

Foi realizada uma busca por produções literárias através de repositórios virtuais: SCIELO e LILACS norteada pelo cruzamento dos seguintes descritores: colete balístico, metais pesados, acúmulo e saúde. Como critérios de inclusão foram buscados textos disponíveis na íntegra e referentes ao contexto do suporte em saúde para o manejo adequado dos referidos coletes. Os textos obtidos embasaram a introdução e os resultados deste artigo.

A revisão na literatura é especificada por Oliveira (1992) como um procedimento que permite a reunião de dados mediante uma busca ordenada e planejada empreendida em plataformas de armazenamento de dados.

Adicionalmente, foi conduzida uma análise acurada sobre os textos buscados que subsidiaram conclusões acerca do tema, complementada por uma entrevista transcrita nos resultados.

## RESULTADOS

Entrevista transcrita com o Capitão QOPM Diego Silva de Oliveira:

Pergunta número 1. Quanto tempo de serviço usando armamento balístico?  
São 16 anos.

Pergunta número 2 Já teve acidente no uso? Não Resposta é não.

Pergunta número 3. Sabe de alguma ocorrência vivida que envolva contaminação por pólvora? Não. As únicas ocorrências que eu tenho conhecimento são de disparos, né, mesmo. Seja acidentais ou dolosos, mas não com a pólvora própria mensalizada.

Pergunta número 4. Tem apoio de saúde pela corporação, exemplo, unidade de resgate, posição, equipe médica, caso ocorra intercorrência ou acidente com armamento ou munição? Resposta é não. A instituição não disponibiliza esse tipo de apoio. Em casos como esse, o militar ou a equipe é encaminhada para o pronto-socorro mesmo. para o socorro da cidade.

Número 5. Em que período acontecem os treinamentos e quantas vezes em um período de 12 meses? Bem, aí depende. Cada unidade da Polícia Militar tem um período específico para fazer a sua atualização do seu efetivo. E muitas vezes passam de 12 meses. unidades especializadas, esse tempo é de fato menor. Acredito que em cada ano deve ter treinamento, até menos, ter mais treinamentos por ano, mais de um treinamento por ano. Mas, no geral, as unidades do CPM, SICOM, não tem esse treinamento anual.



Figura 02: Especificações técnicas de colete

## RECOMENDAÇÕES

1. Coletes balísticos podem acumular **metais pesados (principalmente chumbo)** devido ao contato com tiros (Russo et al.).
2. A contaminação metálica é um problema reconhecido em ambientes militares, incluindo resíduos de munição e fragmentos
3. Metais alojados ou adesos (como chumbo) podem ser toxicamente biodisponíveis com consequências a longo prazo.
4. São recomendadas práticas rígidas de higiene – limpeza regular, manutenção de coletes, uso de EPIs, treinamento – para reduzir a exposição.
  - Foram analisados os níveis de chumbo em diversos coletes balísticos e munição, utilizando análises descritivas e de agrupamento (cluster analysis).
  - Todos os coletes apresentaram **níveis de chumbo acima dos limites estipulados pela NR15 (Brasil) e pelo OSHA (EUA)**
  - Os padrões de contaminação (“clusters”) variaram conforme o tipo de fabricação e material compõem os coletes.

## Recomendações

- Coletes balísticos podem representar **fontes significativas de exposição ao chumbo**.
- Sugere-se a adoção de boas práticas: limpeza e manutenção frequente dos coletes, substituição regular, uso de munição com menor teor de chumbo e treinamento contínuo em higiene ocupacional

## Contexto ampliado: exposições relacionadas à munição

### Exposição ocupacional em estandes de tiro

- Em policiais brasileiros, o nível de chumbo no sangue (BLL) aumentou de cerca de 3,3 µg/dL para 18,2 µg/dL após três dias de treinamento intenso com munição convencional em ambiente fechado
- Outro estudo sueco mostrou que, mesmo com baixa concentração de chumbo no ar ( $\approx$  3–73 µg/m<sup>3</sup>), houve elevação significativa nos níveis sanguíneos dos participantes.

### Revisões sobre chumbo em estandes de tiro

- Revisões sistemáticas apontam riscos elevados de contaminação por chumbo em instrutores e frequentadores de estandes de tiro, evidenciando absorção tanto por inalação quanto por contato dérmico.

### Mecanismo de contaminação em coletes

Embora não sejam mencionados especificamente estudos sobre metais em coletes, a lógica é clara:

- **Partículas e vapores de chumbo** emitidos durante disparos se depositam nas fibras têxteis e placas rígidas.
- O contato constante, especialmente em ambientes quentes e úmidos, favorece a **transferência dérmica** e a **inalação por re-aerosolização** do chumbo adsorvido.
- Estudos médicos demonstram que metais alojados em tecidos podem ser absorvidos lentamente ao longo do tempo, afetando órgãos-alvo como rins, sistema nervoso e ossos.

## Boas práticas recomendadas

Medida	Razão
<b>Limpeza regular</b> dos coletes (externa e interna)	Remover resíduos metálicos aderidos
<b>Manutenção ou substituição</b> periódica	Evitar acúmulo excessivo
<b>Uso de munição de baixo teor de chumbo</b>	Reducir fonte de contaminação
<b>Treinamento em higiene ocupacional</b>	Melhorar práticas de manuseio e limpeza
<b>Monitoramento biométrico</b> (BLL, exame clínico)	Identificar contaminação precoce



Figura 03: Colete em exposição

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, o acúmulo de metais pesados em coletes balísticos representa um desafio significativo, tanto do ponto de vista da saúde ocupacional quanto da preservação ambiental. Esses equipamentos, apesar de sua função essencial na proteção de profissionais que atuam em situações de risco, como policiais, agentes de segurança e militares, podem se tornar fontes de contaminação quando expostos repetidamente a projéteis e ambientes poluídos. A presença de metais pesados como chumbo, cádmio e mercúrio nas camadas internas dos coletes pode levar a efeitos tóxicos, sobretudo quando há contato frequente com a pele ou inalação de partículas liberadas com o tempo.

Além dos riscos à saúde dos usuários, o descarte inadequado desses coletes ao final de sua vida útil pode contribuir para a poluição do solo e da água, agravando problemas ambientais já existentes. Diante disso, é fundamental que sejam estabelecidos protocolos claros de inspeção periódica, limpeza apropriada e substituição dos coletes, além de políticas eficazes para o seu descarte ou reciclagem. Investir em tecnologias mais limpas e materiais menos tóxicos na fabricação também se mostra como uma medida promissora para reduzir os impactos a longo prazo.

Assim, garantir a segurança dos profissionais e ao mesmo tempo proteger o meio ambiente deve ser uma prioridade compartilhada entre fabricantes, instituições de segurança e órgãos reguladores.

## REFERÊNCIAS

Russo, A. C. et al. (2023). *Assessing lead exposure in special operations military police: contamination patterns from bulletproof vests and ammunition*. Int. J. Occup. Environ. Safety (ijooes.fe.up.pt)

Adamu, C. I. et al. (2023). *Environment and health hazards due to military metal pollution: A review*. Science of the Total Environment (sciencedirect.com)

Kalinich, J. F. & Kasper, C. E. (2016). *Are internalized metals a long-term health hazard for military veterans?* Public Health Reports (pmc.ncbi.nlm.nih.gov)

Oliveira, A. L. **Produção científica brasileira da área de Enfermagem Obstétrica 1956-1986**. Tese - Escola paulista de medicina da Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 1992.

UM ESTUDO SOBRE A TÉCNICA DE ANÁLISE QUALITATIVA DE PARTÍCULAS DE CHUMBO PROVENIENTES DE RESÍDUOS DE DISPARO COM ARMAS DE FOGO, EM MÃOS DE SUPOSTOS ATIRADORES Djalma Conceição Silva Laboratório Central de Polícia Técnica Perito Criminal Jorge Borges dos Santos Laboratório Central de Polícia Técnica Perito Criminal. 2023

Qualitative Method for Collecting Firearm Residue (GSR) from Shooter's Hands and Colorimetric Analysis Maicon Henrique Braz Garcia,<sup>a</sup> Patricia Daniele Silva dos Santos,<sup>a</sup> Alisson de Lima Figueiredo,<sup>a</sup> Amanda Cabriotti Assakawa,<sup>b</sup> Oscar Oliveira Santosa,<sup>b</sup> Revista Virtual de Química, 2024.